

# IoT para o Gerenciamento Remoto da Irrigação: Análise da Confiabilidade do Sistema

André Luis Albuquerque Pinheiro<sup>1</sup>, Alan Emanuel Santos Figueiredo<sup>1</sup>, Francisco Cleber da Conceição Feitosa<sup>2</sup>, Francisco Rondynelle Rodrigues Sousa<sup>1</sup>, Francisco Gauberto Barros dos Santos<sup>1</sup>, Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo<sup>1</sup>, Robson Gonçalves Fechine Feitosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Piauí – Brazil (UFPI)

{andre.luis.albuquerque07, alan.emanuel.santos01}@aluno.ifce.edu.br,  
cleberfeitosa@ufpi.edu.br, rondynelle\_17@hotmail.com,  
{gauberto, guilhermealvaro, robsonfeitosa}@ifce.edu.br

**Abstract.** *This paper describes a remote management system of localized irrigation, with emphasis on the reliability of the system, which receives input data from sensors, and activation information from the user; and, as output, generates charts, besides the automation of the irrigation activation. The analysis of the system reliability showed that: one of the soil moisture sensors presented corrosion problems after 10 days of use; it was necessary to use a multiplexer of analog ports, due to the limited number of ESP8266 ports; the printed circuit board presented a better performance regarding connection failure problems between components, resistance and durability.*

**Resumo.** *O presente trabalho descreve um sistema de gerenciamento remoto da irrigação localizada, com ênfase na confiabilidade do sistema, que recebe como entrada, dados de sensores, e informações de acionamento oriundas do usuário; e, como saída, são gerados gráficos, além da automação do acionamento da irrigação. A análise da confiabilidade do sistema mostrou que: um dos sensores de umidade do solo apresentou problemas de corrosão após 10 dias de uso; foi necessário utilizar um multiplexador de portas analógicas, devido o número limitado de portas do ESP8266; e, a placa de circuito impresso apresentou melhores resultados com relação a problemas de falhas de conexão entre componentes, resistência e durabilidade.*

## 1. Introdução

O Brasil é um dos líderes na produtividade agropecuária mundial e, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [Brasil 2017], o agronegócio brasileiro é responsável por 24,0% do PIB nacional. O semiárido nordestino tem a irrigação como grande aliada, devido a sua condição climática com baixa precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas. Segundo [Heinze 2002] o manejo racional da irrigação tem possibilitado uma maior produtividade e menor custo de produção. Logo, a definição de estratégias para otimizar a irrigação é de grande importância no processo de planejamento de utilização dos recursos e tomada de decisão em agricultura irrigada [Borges et al. 2009].

Ao mesmo tempo, a Tecnologia da Informação e Comunicação surge como uma área do conhecimento que, munida com técnicas, ferramentas computacionais e equipamentos eletrônicos, possibilita a automação dos sistemas de irrigação. A cada dia

é possível observar mais aplicações nas áreas agrárias que utilizam recursos tecnológicos, como por exemplo: no auxílio à tomada de decisão; na automação de processos rotineiros; e, na coleta, armazenamento e extração de informações meteorológicas, climáticas e sensoriais [Barraviera and Canteri 2008].

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta um sistema de irrigação baseado nas tecnologias da IoT (*Internet of Things*) [Oliveira 2017] e controlado remotamente por uma plataforma Web, que permite criar uma infraestrutura entre o mundo físico e o mundo real [Assaf and Ishaq 2020], com ênfase na confiabilidade do sistema. Para isso, na Seção 2 apresentam-se alguns trabalhos da literatura relacionados ao presente trabalho; na Seção 3 é detalhada a metodologia adotada; a Seção 4 apresenta e discute os resultados encontrados; e, por fim, na Seção 5 são demarcadas algumas conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

## **2. Trabalhos Relacionados**

Diante dos constantes avanços no campo da tecnologia, e da demanda cada vez maior por soluções inteligentes, é possível encontrar na literatura trabalhos relacionados à solução aqui apresentada. [Assaf and Ishaq 2020] apresentam um sistema para automatizar a quantidade de água dispensada nas plantas, onde foi utilizado o sensor Soil Moisture para leitura da umidade do solo, e o sensor DHT22 para temperatura e umidade do ar, além disso, foram utilizados interruptores relé para o acionamento de uma motobomba DC e de um ventilador DC. O microcontrolador ESP8266 foi utilizado para receber as leituras dos sensores e enviar os comandos de acionamento fornecidos pelo usuário, via WiFi através da plataforma Blynk IoT. As vantagens do sistema foram, economia de água, e de tempo, pois o produtor não precisa se deslocar até o campo para realizar o monitoramento.

[Sanchez-Mompo et al. 2021] propõe um sistema de controle de culturas agrícolas utilizando IoT, com o conceito de rede de sensores e atuadores sem fio. O sistema está dividido entre nós de sensores e atuadores com comunicação via LoRa, um gateway de controle que realiza o envio dos dados, um banco de dados e uma interface Web para visualização e controle do estado do sistema. Foram utilizados: Arduino Uno R3, para obter as leituras dos sensores; sensor DHT11, para leitura da umidade e temperatura do ar; sensor VEML6070, para detectar os níveis de radiação ultravioleta; sensor capacitivo para leitura da umidade do solo; e sensor de chuva resistivo para detecção de chuvas. Além disso, foram utilizados módulos relé para o acionamento dos equipamentos de controle do ambiente e o Raspberry Pi como gateway. O sistema apresentou desempenho confiável nos testes realizados.

[Ahmed, Abdalla and Eltahir 2018], apresentam um sistema para controle e monitoramento de cultivo agrícola no campo, através de sensores de umidade do solo e do clima. O sistema funciona de forma automática, com base em valores de referências pré-estabelecidas. Os dados foram obtidos por meio de sensores de umidade do solo, DHT11, e o sensor ultrassônico HC-SR04 para medir o nível do reservatório de água. Foram utilizados interruptores relé para o acionamento da bomba do reservatório e do ventilador. Os atuadores e sensores foram conectados em um Arduino Uno para leitura e acionamento, e para a conexão com a internet utilizou-se um módulo WiFi ESP8266. Para armazenamento e visualização dos dados foi utilizado a plataforma Web

ThingSpeak, o sistema permitiu melhorar a produtividade da lavoura, porém apresentou desperdício no uso de água e energia.

**Quadro 1. Comparativo entre abordagens para automação de irrigação.**

Trabalho	Sensores	Atuadores	Micro-controlador	Interface gráfica	Comunicação	Confiabilidade
[Assaf and Ishaq 2020]	Soil Moisture; DHT22.	2 relés DC (motobomba e ventilador)	ESP8266	Blynk	Wifi	--
[Sanchez-Mompo et al. 2021]	DHT11; VEML6070; Sensor capacitivo de umidade do solo; sensor de chuva resistivo.	Módulos relé	Arduino Uno R3 e Raspberry Pi	Web	LoRa	Sim
[Ahmed, Abdalla and Eltahir 2018]	DHT11; sensor ultrassônico HC-SR04.	Interruptores relé (bomba do reservatório e ventilador)	Arduino Uno e ESP8266	ThingSpeak	Wifi	--
[Mat et al. 2016]	Sensor de umidade do solo; Sensor de umidade e temperatura do ar.	--	ESP8266	Armazenados em um banco de dados	XBee	--
Proposta do presente trabalho	DHT11; Sensor capacitivo e resistivo de umidade do solo; Sensor de chuva resistivo; Sensor LDR.	2 Módulos relés; 2 Solenóides de Fluxo de Água.	NodeMCU ESP8266	Web; ThingSpeak	Wifi	Sim

[Mat et al. 2016] apresentam o sistema GreenHouse Management System, um método para a irrigação baseada no sensoriamento do solo. O trabalho apresenta uma comparação entre a irrigação por agendamento e uma baseada na leitura dos sensores. São utilizados os sensores de umidade do solo, umidade e temperatura do ar, além disso utilizou-se um ESP8266 junto com a tecnologia de comunicação wireless XBee. Os testes foram realizados em estufas com culturas de pimentão, e os parâmetros para a irrigação foram fornecidos por um agrônomo. Foi desenvolvido um método para calibração dos sensores de umidade do solo, e todos os dados eram armazenados em um banco de dados, o qual permite a visualização dos dados. Segundo descrição dos resultados no artigo [Mat et al. 2016], o método de irrigação por sensoriamento proposto apresentou eficiência ao economizar até 1.500 ml de água/dia por árvore.

O Quadro 1 sumariza as principais características dos sistemas da literatura apresentados nesta seção. É possível observar que: todos os sistemas se preocuparam em realizar a leitura de sensores de temperatura e umidade do ar; apenas um não utilizou sensores de umidade do solo; apenas um sistema não utilizou relés como atuador; apenas um sistema não utilizou ESP8266; houve uma diversidade de plataformas para

gerência dos dados na nuvem, sendo o ThingSpeak o mais utilizado; e, por fim, apenas em [Sanchez-Mompo et al. 2021] e no presente trabalho houve uma preocupação em analisar a confiabilidade do sistema. Observa-se então que, para o desenvolvimento do presente trabalho, além de tratar a confiabilidade, buscou-se elaborar um sistema de irrigação robusto, com a presença de uma variedade de sensores, atuadores e interface gráfica intuitiva, bem como um modelo de comunicação de dados condizente com o que está sendo adotado na literatura atual.

### 3. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho aqui apresentado foi dividido em etapas. Inicialmente, realizou-se uma revisão de literatura sobre: desenvolvimento de sistemas Web, IoT e desenvolvimento de hardware. A metodologia de validação dos protótipos das telas foi realizada com base nos princípios relativos à usabilidade, como: ergometria, simetria, cores, números de cliques e organização da informação. O microcontrolador utilizado foi o 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, 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 e por não haver custo de aquisição. Para a implementação do Sistema Web, foram utilizadas ferramentas *open-source* como Sistema Operacional Ubuntu, na versão 18.04, linguagem de marcação HTML5 e CSS3, além da integração com a plataforma Web ThingSpeak IoT. Para modelagem do esquemático de hardware utilizou-se a ferramenta Fritzing na versão 0.9.4. Para validação do sistema foram realizados experimentos em diferentes cenários, como uma pequena horta caseira e um viveiro de mudas. Foram testadas diferentes configurações de sistemas com a utilização de sensores e atuadores acoplados em uma *proto-board*. Também, visando aumentar a confiabilidade das conexões entre componentes eletrônicos, foram desenvolvidas placas de circuito impresso, com uma capacidade maior para o acoplamento de sensores e atuadores, conforme detalhado nas próximas seções.

### 4. Resultados

O primeiro cenário foi aplicado em uma pequena horta doméstica, com dimensões de 150cm x 50cm, com 10 mudas de cheiro verde (*Petroselinum Crispum*), Figura 1 (f). Com período de execução de 27-10-2020 à 05-11-2020. Utilizaram-se dois métodos de acionamento, o manual e o automático. O modo automático funciona a partir da leitura do sensor de umidade solo, nele, o solenóide é acionado e desligado automaticamente. O modo manual funciona através do Web Server, Figura 1 (a), que permite o controle de acionamento do solenóide e monitoramento dos valores lidos. Os materiais utilizados foram: 02 Sensores de Umidade e Temperatura DHT11; Sensor de Umidade do Solo (Higrômetro); Sensor LDR; Sensor de chuva; e, Solenóide de Fluxo de Água, Figura 1

(d). Para o armazenamento dos dados foi utilizada a plataforma ThingSpeak IoT<sup>1</sup>, que também permite o monitoramento dos sensores em tempo real, contabilizando 24.276 envios de dados para a plataforma, Figura 1 (b).

A comunicação entre os sensores, o solenóide, e o ThingSpeak IoT é realizada através do microcontrolador NodeMCU Esp8266, que também permite a execução do Web Server. O envio de dados para a plataforma ThingSpeak IoT se dá a cada 30 segundos, esse tempo é o recomendado pela própria plataforma. Através da Plataforma ThingSpeak IoT os gráficos são atualizados a cada novo envio de dados. O sensor de umidade do solo utilizado para o primeiro cenário apresentou bons resultados apenas durante 10 dias, apresentando leituras incorretas no último dia fazendo com que o sistema fosse desligado. Conforme observado na Figura 1 (c) a resistência estava danificada, sendo esse o principal defeito. No entanto, os sensores de temperatura e umidade não apresentaram falhas, e a precisão estava em conformidade com as especificações dos fabricantes. Sensores, como LDR e sensor de chuva, não foram utilizados por apresentarem falhas de funcionamento.

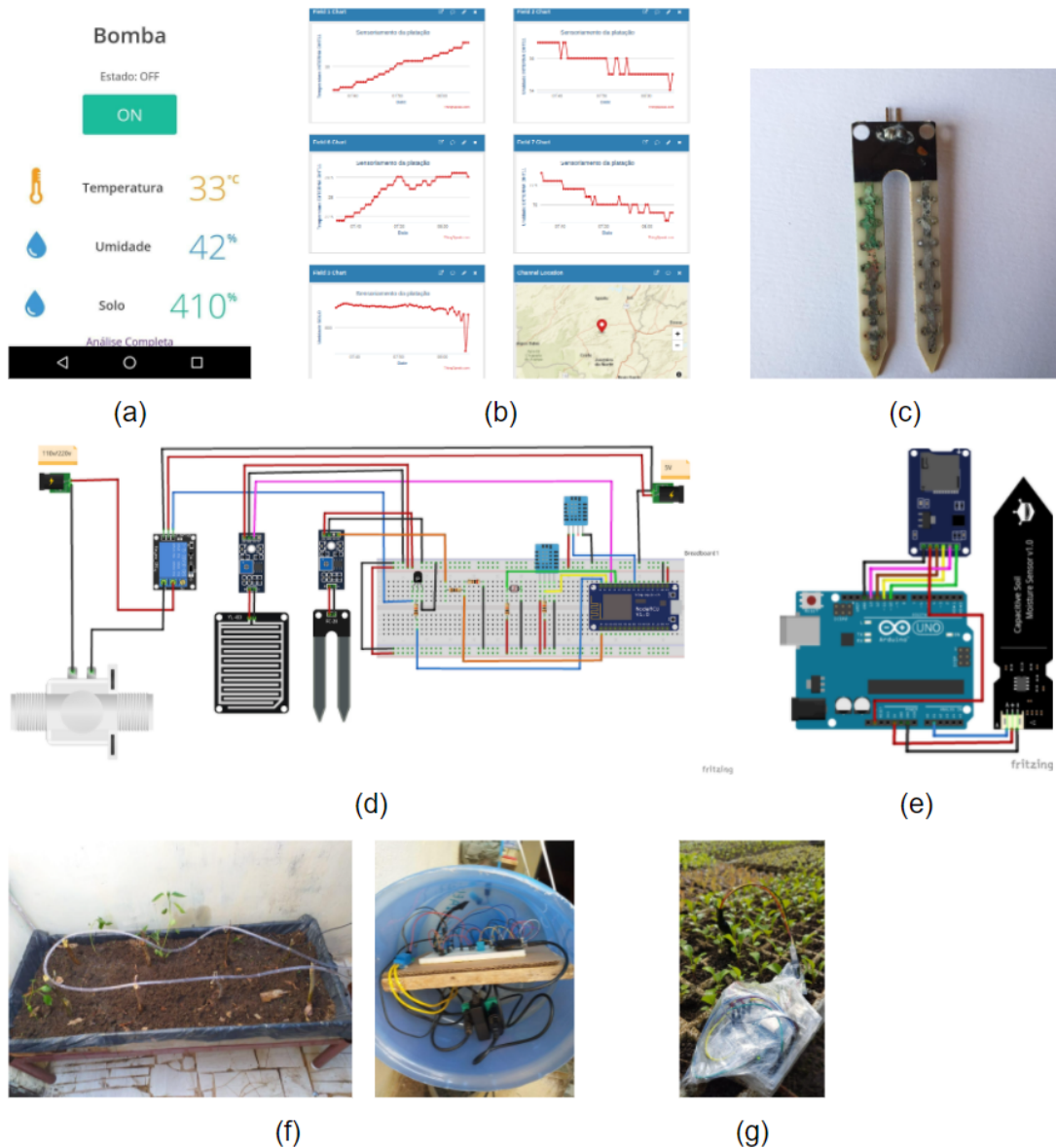
Os experimentos do segundo cenário foram realizados no viveiro de mudas do viveiro de mudas do IFCE campus Crato, com dimensão de 20m x 20m, com dezenas de mudas de hortaliças diversas, Figura 1 (g). O objetivo foi verificar em campo o desempenho do sensor de umidade capacitivo. Com período de execução de 08/03/2020 à 10/03/2020. Os materiais utilizados foram: Arduino UNO, sensor capacitivo de umidade do solo, módulo de leitura/escrita em cartões SD, com cartão com capacidade de 2GB; fonte de 9V, Figura 1 (e). Os maiores desafios nesse experimento foram: a calibragem do sensor capacitivo para realizar as leituras da umidade do solo; e o acesso à fonte de alimentação (acesso em campo). O desenvolvimento do protótipo para a leitura da umidade do solo, durante os dois dias, serviu para coletar a média das leituras dos sensores capacitivos, conforme ilustrado na Figura 2, para assim, ter um parâmetro real utilizado para calibrar o sistema.

Para os cenários foram utilizadas diferentes abordagens para realizar as ligações entre os componentes eletrônicos. A primeira abordagem consistiu no uso de uma protoboard, pois se tratava do primeiro protótipo, logo havia a necessidade de validação dos componentes eletrônicos que seriam utilizados nos experimentos. Assim, adotou-se um cenário simples, reforçando ainda que as placas eram diferentes, mas o esquema elétrico era o mesmo. Com a *protoboard* observou-se que a corrente elétrica era interrompida devido a conexão entre os jumpers e a placa, que desconectam com frequência. Além disso, a *protoboard* utilizada, por ser pequena, não possuía a quantidade de conexões necessárias.

Para contornar tais problemas utilizou-se uma placa de circuito impresso perfurada, Figura 3 (a), que permite o encaixe e a soldagem dos componentes eletrônicos. Ela fornece uma maior segurança entre as conexões o que evitaria o mau contato, apresentado na *protoboard*, no entanto, seu manuseio deve ser delicado, logo, qualquer movimento e transporte inadequado poderia resultar em quebra de contato. Outro problema constatado, estava relacionado à durabilidade: como a placa ficaria em um ambiente com muitas intempéries, por exemplo, vento, sol, chuva e umidade, isso faria com que a oxidação dos contatos resultasse em um mau funcionamento da placa.

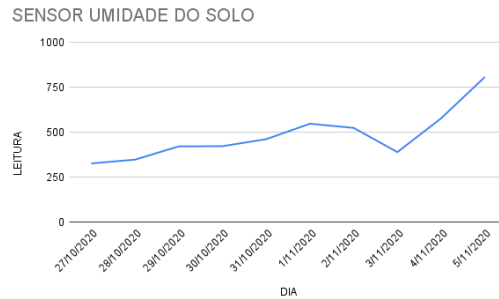
---

<sup>1</sup> Plataforma para armazenamento dos dados, Disponível em: <https://thingspeak.com/>. Último acesso em: 19-mai-2022.



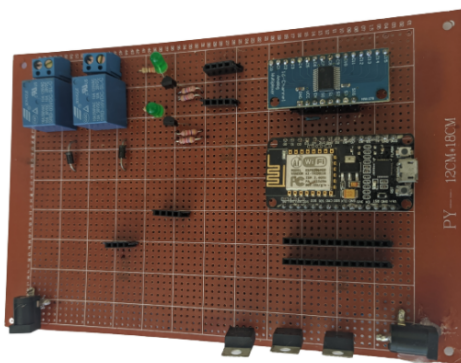
**Figura 1. (a) Interface para dispositivo mobile. (b) Dados dos sensores via ThingSpeak. (c) Sensor após experimento do cenário 1. (d) Esquemático para cenário 1. (e) Esquemático para cenário 2. (f) Sistema instalado no cenário 1. (g) Sistema instalado no cenário.**

Para solucionar o problema de oxidação, desenvolveu-se uma placa de circuito impresso, confeccionada manualmente, Figura 3 (b), seguindo o mesmo esquema elétrico das soluções anteriores. Com esta nova placa, os problemas de contato e de oxidação foram amenizados, pois as linhas de comunicação entre componentes eletrônicos estão impressos na própria placa, o que garante uma conexão bem mais segura entre componentes eletrônicos. Destaca-se um outro ponto positivo nesta abordagem, onde, da forma como a placa foi concebida, ela permite a reutilização de componentes eletrônicos, por exemplo, caso haja falhas no microcontrolador, o processo de troca do componente se torna bastante simplificado.

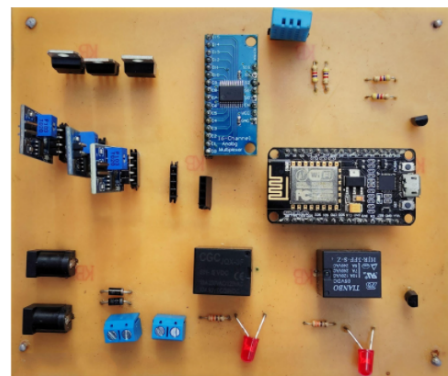


**Figura 2. Gráfico com leituras do sensor de umidade do solo.**

De todas as abordagens de composição do circuito eletrônico, a que apresentou melhores resultados foi a que empregou a placa de circuito impresso confeccionada manualmente, que conseguiu realizar leituras mais precisas por ter conexões mais confiáveis entre componentes eletrônicos. Quando observado o custo total para aquisição de materiais e desenvolvimento das placas, constatou-se que em todas as abordagens os custos ficaram na mesma faixa de valores.



(a)



(b)

**Figura 3. Placa de circuito impresso (a) perfurada e (b) confeccionada manualmente.**

## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

O presente trabalho apresentou um sistema de gerenciamento remoto da irrigação localizada. Foram realizados experimentos em diferentes cenários e avaliada a confiabilidade dos sensores e do sistema como um todo. As leituras da umidade do solo utilizando um sensor de resistência em uma horta doméstica, em um intervalo de 10 dias, apresentou problemas de corrosão. Já a realização dos testes de umidade e temperatura do ar não apresentaram falhas. Outro problema observado foi o número limitado de portas do ESP8266, sendo necessária a utilização de um multiplexador de portas analógicas, deixando o sistema com maior custo e menor precisão de leitura dos sensores, além de consumir boa parte das portas digitais diminuindo o número de atuadores que podem ser conectados.

Com o desenvolvimento do sistema com utilização de *protoboard*, placa perfurada e placa de circuito impresso, foi possível testar diversos problemas de falhas de conexão entre componentes, resistência e durabilidade, sendo a placa de circuito

impresso aquela que não apresentou falhas de conexão entre componentes. Também foi possível observar que a configuração do microcontrolador NodeMCU ESP8266, quando utilizado como ponto de acesso na rede, apresentou falhas, chegando a travar sua execução em alguns momentos. Como trabalhos futuros pretende-se utilizar o microcontrolador ESP32, que apresenta um maior número de portas digitais, além de possuir uma capacidade de armazenamento e processamento maior; e a utilização de sensores industriais mais robustos, visto os resultados apresentados. Além disso, efetuar uma análise mais detalhada sobre os fatores de ruídos que podem impactar nos resultados; e, analisar experimentos em outros cenários com culturas, tamanhos e com condições meteorológicas diversas.

## Referências

- Ahmed, E. M. E., Abdalla, K. H. B., and khider Eltahir, I. (2018) “Farm automation based on IoT”, In 2018 IEEE International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE), p. 1-4.
- Assaf, R. and Ishaq, I. (2020) “Improving Irrigation by Using a Cloud Based IoT System”, In 2020 IEEE International Conference on Promising Electronic Technologies (ICPET). p. 28–31.
- Barriviera, R. and Canteri, M. (2008) “Informática básica aplicada às ciências agrárias”, Londrina: Eduel, 182 p.
- Borges, A. L., Silva, A. L., Batista, D. C., Moreira, F. R. B., Flori, J. E., Oliveira, J. E. M., Araújo, J. L. P., Pinto, J. M., Castro, J. M. C., Moura, M. S. B., Azoubel, P. M., Cunha, T. J. F., Silva, S. O. and Cordeiro, Z. J. M. (2009) “Sistema de produção da bananeira irrigada”, EMBRAPA. Semiárido. Brasília – DF.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017) “Agropecuária puxa o PIB de 2017”, Brasília – DF. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- Heinze, B. C. L. B. (2002) “A importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da região nordeste”, Dissertação (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada)-Ecobusiness School, Fundação Getúlio Vargas, Brasília, 59 p.
- Mat, I., Kassim, M. R. M., Harun, A. N. and Yusoff, I. M. (2016) “IoT in precision agriculture applications using wireless moisture sensor network”, In 2016 IEEE Conference on Open Systems (ICOS), p. 24-29.
- Oliveira, S. (2017) “Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI”, São Paulo: Novatec Editora, 312 p.
- Sánchez-Mompó, A., Barbier, H., Yi, W. J. and Saniie, J. (2021) “Internet of Things Smart Farming Architecture for Agricultural Automation”, In 2021 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT), p. 159-164.