

AUTOMAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO COM MICRO CONTROLADORA AtMega328p em PLATAFORMA ARDUINO

Adler Lima Botelho de Azevedo¹
Leonardo Francisco França²
Antônia Ferreira dos Santos Cruz³

RESUMO

A utilização da irrigação para a produção agrícola aumentou devido ao constante crescimento da população mundial, tornando a agricultura o setor que mais consome água no mundo. Devido à má administração e falta de uso de equipamentos de automação e sensores no processo de irrigação, boa parte da água utilizada é desperdiçada. Para minimizar essa situação durante a irrigação, tem sido crucial a aplicação de tecnologia nos sistemas, aumentando eficiência e controlando gastos desnecessários de água. Assim, a proposta deste trabalho consiste em elaborar um projeto de sistema de irrigação automatizada, utilizando um microcontrolador AtMega328p em plataforma arduino.

Palavras-chaves: Internet; *IoT*; automação; Arduino.

1 INTRODUÇÃO

A internet se tornou uma ferramenta de extrema importância e cada vez mais tem se apresentado de forma simples e intuitiva para que até pessoas com dificuldades tenham a facilidade de utilizar este recurso. Antes do advento da comunicação eletrônica, a troca de informação era limitada pela distância e o tempo de tráfego de dados. Segundo Ramos (2012), com os avanços da internet, as tecnologias de informação e comunicação possibilitam ao indivíduo ter acesso a milhares de informações e complexidades de contextos tanto próximos como distantes de sua realidade.

No final do século XX, a globalização transformou o comportamento das pessoas, das organizações e dos governos, esse movimento exigiu que o mundo estivesse conectado e isso só foi possível por meio de tecnologias específicas que foram sendo aperfeiçoadas para proporcionar a interação dos diversos cenários mundiais (ARAÚJO; FACHIN, 2015).

Todos esses recursos de comunicação podem ser utilizados em qualquer local de trabalho, facilitando a coleta e distribuição de informação. Surgindo um novo conceito de utilização da Internet, denominada como *Internet of things* ou *internet of things* (*IoT*- Internet

¹ Bacharelado em Engenharia de Elétrica, Centro Universitário Jorge Amado. Email: adler.azevedo.eng@gmail.com.

² Bacharelado em Engenharia de Elétrica, Centro Universitário Jorge Amado. E-mail: leo2ff@live.com.

³ Orientadora Professora Mestra em Regulação da Indústria de Energia, Professora Titular do Centro Universitário Jorge Amado. E-mail: antonia.cruz@unifacs.br

das coisas), onde Magrani (2018) explica, de maneira geral, que IoT pode ser entendido como um ambiente de objetos físicos interconectados com a internet por meio de sensores pequenos e embutidos, criando um ecossistema de computação onipresentepermitindo, assim, interconectar os objetos físicos do nosso cotidiano na rede virtual, como por exemplo: relógios, fechaduras, motores de portões, lâmpadas, carros, cafeteiras e etc.

Essa tecnologia impacta diretamente as atividades das pessoas e das cidades, podendo ser utilizado equipamentos elétricos que monitoram a pureza da água da rede de esgoto, a distribuição de irrigação de uma cultura extensa ou de um jardim, racionando água de acordo com umidade do solo. Existem vários dispositivos de baixo custo que podem ser implementados em diversas áreas para facilitar uma atividade, tecnologia que pode ser utilizada no intuito comercial ou pessoal.

Diante esse contexto, o objetivo deste trabalho é elaborar um projeto de sistema de irrigação automatizada, utilizando um microcontrolador AtMega328p pu em plataforma arduino de modo a compreender seu funcionamento. Além disso, através de uma pesquisa investigativa, coletar e analisar dados de uma implementação de sistema de irrigação automatizado voltado para a agricultura familiar e assim construir possibilidades de avaliar a eficiência do sistema automatizado em relação a um sistema de irrigação tradicional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. IoT

O termo *internet of things(IoT)*, em tradução direta Internet das coisas, surgiu como um título de uma apresentação de Kevin Ashton em 1999 na empresa *Procter & Gamble (P&G)*. Onde Ashton (2009) menciona que se computadores soubessem tudo sobre as coisas, utilizando dados sem a ajuda externa humana, seria possível contabilizar, registrar e reduzir gastos consideravelmente. Tendo conhecimento de quando os equipamentos precisam ser substituídos, reparos ou se ultrapassaram sua vida útil. A Internet das Coisas (*IoT*) emergiu dos avanços de várias áreas como sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento.

IoT se refere à interconexão em rede de dispositivos do cotidiano, que geralmente são equipados com processamento digital e que aumentará a onipresença da Internet ao integrar todos os itens por meio de sistemas embarcados. O que leva a uma rede altamente distribuída de dispositivos que se comunicam com seres humanos e com outros dispositivos.

De maneira geral, pode ser entendido como um ambiente de objetos físicos interconectados com a internet por meio de sensores pequenos e embutidos, criando um ecossistema de computação onipresente (ubíqua), voltado para a facilitação do cotidiano das

pessoas, introduzindo soluções funcionais nos processos do dia a dia (MAGRANI, 2018).

Os dispositivos ou máquinas identificadas na rede devem coletar informações do meio físico ou virtual, trocar essas informações com outras máquinas ou dispositivos e processar tanto tudo o que foi coletado através de sensores, como as obtidas por intermédio de outros equipamentos em rede, para poder desencadear atuação do dispositivo identificado (SUNDMAEKER et al., 2010)

2.2. Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de proto tipagem *open-source* e *hardware* livre muito fácil de ser empregada e utilizada. Foi projetado através de um microcontrolador de programação específico dotado de pinos de entrada e saída de energia e sinal que pode ser facilmente aplicada nos mais diversificados projetos eletrônicos e elétricos (ROSA, 2017).

Um sistema automatizado traz uma série de benefícios como a diminuição de erros de operação, economia de energia e recursos hídricos, assim como melhorias na produção. Segundo Souza (2013), o Arduino é uma plataforma de código aberto com o objetivo de auxiliar no ensino de eletrônica para estudantes, um dos motivos da escolha desta plataforma como objeto de estudo. Além disso, é uma plataforma de baixo custo para que estudantes pudessem desenvolver seus protótipos. Dessa forma, podem criar inúmeros projetos independentes de controle, monitoramento e interatividade, basta somente conectá-lo a um computador ou rede e assim receber e enviar dados do Arduino para os dispositivos que estiverem interligados a ele.

A plataforma Arduino é dividida em seis partes: os pinos de entrada e saída digitais, pinos de entrada e saídas analógicas, plug USB e conversor serial/USB, fonte de alimentação, pinos de alimentação e CPU. Ao Arduino pode se conectar LEDs, displays, botões, motores e sensores de pressão, sensores de temperatura, sensores de umidade e outros dispositivos que possam ser controlados. A placa pode ser alimentada pela conexão USB ou por uma fonte de alimentação externa.

2.3. Os Microcontroladores

Segundo Gimenez (2002) os micro controladores podem ser definidos como um computador em um só chip, ou seja, todos os componentes externos dos micro processadores foram unificados e colocados em um único chip, sendo assim, em um microcontrolador temos: um processador, as memórias e o gerenciamento de entradas e saídas, tudo integrado em um único chip. Os microcontroladores também podem ter vários outros periféricos, como por exemplo, o conversor analógico digital, os temporizadores, comparadores de tensão,

comunicação serial, usb, ethernet, protocolos de comunicação que permite interligar o microcontrolador com outros dispositivos da rede, o real time clock, o relógio com a função de manter o micro controlador com datas e horários atualizados etc.

As memórias existentes são: *Random Access Memory* (RAM), *Read-Only Memory* (ROM) e híbridas (ex. Flash, NVRAM e EEPROM). Lima e Villaça (2012) lembram que as memórias regraváveis utilizavam raios ultravioletas para o seu apagamento e o chip possuía uma janela de quartzo para a função. Agora, utilizamos memórias de programa de letáveis eletricamente, permitindo inúmeras gravações e regravações de forma rápida. Vasconcelos (2014) explica a diferença entre os dois tipos de memória: a RAM dispõe de maior velocidade para armazenar dados temporários utilizados durante um processamento, como um cálculo matemático por exemplo, depois de obtido o resultado essa informação é descartada, já a memória ROM consiste em um chip normalmente mais lento, sua função é armazenar dados fixos que devem ficar à disposição do sistema para serem utilizados sempre que necessário. A memória RAM tem como função primordial o armazenamento dos dados enquanto ela está energizada, quando a alimentação elétrica é interrompida essas informações serão perdidas, na memória ROM tudo gravado se mantém mesmo quando houver o desligamento do circuito.

2.4. Irrigação

A irrigação é definida por Testezlaf (2011) como técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a produção ideal para o seu usuário.

Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, da Agência Nacional de Águas, foi identificado no ano de 2019 que a agricultura irrigada é o sistema que mais consome água no Brasil e no mundo. Em nosso país, a prática obteve forte expansão com o apoio de políticas públicas a partir das décadas de 1970 e 1980 (ANA, 2019).

O Brasil utiliza 72% de toda sua demanda de recurso hídrico no setor da agricultura, principalmente na irrigação, e devido a má execução e falta de controle do agricultor na quantidade usada em lavouras e no processamento dos produtos, a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) estima que aproximadamente metade de toda água utilizada neste setor é desperdiçada

Segundo Rebouças (2003), ao levantar dados relacionados ao Brasil, explica que para cerca de 93% dos quase 3 milhões de hectares irrigados, ainda se utiliza os métodos menos eficientes do mundo.

Segundo Testezlaf (2011) é possível diferenciar quatro formas ou modos de se aplicar

água e assim definir quatro métodos principais de irrigação, sendo eles: por aspersão; superficial; I subterrânea e localizada.

A agricultura irrigada brasileira apresenta a seguinte distribuição percentual quanto aos métodos de irrigação utilizados: superfície 51%, aspersão 41% e irrigação localizada 8%. Esses números mostram que a presença da irrigação por superfície ainda prevalece sobre sistemas mais tecnificados em nosso país (REBOUÇAS,1999).

A Agência Embrapa explica que sistemas de irrigação por superfície são potencialmente menos eficientes (30% - 80%) quando comparados com sistemas de irrigação por aspersão (75% - 90%) e localizada (80% - 95%). A altura de bombeamento da água, desde a fonte até a área a ser irrigada, deve ser considerada quando da seleção do método de irrigação.

Portanto, a seleção do sistema de irrigação mais adequado é o resultado do ajuste entre as condições existentes e os diversos sistemas de irrigação disponíveis, levando-se em consideração outros interesses envolvidos. Sistemas de irrigação adequadamente selecionados possibilitam a redução dos riscos do empreendimento, além de uma potencial melhoria da produtividade e da qualidade ambiental (ANDRADE, 2005).

2.5 Irrigação por Aspersão

Aspersão é o método de irrigação que melhor simula a chuva, ou seja, a água é aplicada sobre as plantas e a superfície do solo na forma de gotas. Nesse sistema, a água é bombeada a partir de uma fonte (rios, lagos, açudes, poços subterrâneos, etc..) e distribuída por uma rede de tubulações e aspergida (pulverizada) no ar na forma de pequenas gotas. A formação de gotas é obtida pela passagem da água sob pressão por orifícios presentes em tubulações ou em dispositivos mecânicos chamados aspersores ou sprays (TESTEZLAF, 2011).

As principais vantagens dos sistemas de irrigação por aspersão, segundo Andrade (2005), consiste na facilidade de adaptação às diversas condições de solo e topografia; a apresentação potencial de maior eficiência de distribuição de água, quando comparado com o método de superfície. Além disso, pode ser totalmente automatizado, transportado para outras áreas e as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, o que facilita o tráfego de máquinas.

As principais limitações desse sistema, segundo Andrade (2005), está relacionada aos custos de instalação e operação, que são mais elevados que os do método por superfície e a influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa. Além desses aspectos, a irrigação com água salina ou sujeita a precipitação de sedimentos, pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas, bem como pode favorecer o aparecimento de

doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitos sanitários e, ainda, disseminar doenças cujo veículo é a água.

3 METODOLOGIA

O sistema de irrigação foi baseado em uma pesquisa de campo realizada em duas pequenas propriedades. A propriedade “A” possui um território de 15.000 m², com uma área plantada de 12.000m² de banana. Os recursos hídricos na propriedade “A” são geridos nessa plantação de forma manual e por método de irrigação por aspersão. Localizada a sessenta quilômetros do centro do município de Marilac, na Região do Vale do Rio Doce, no leste de Minas Gerais.

A propriedade “B” possui um território de 20.500 m², com uma área cultivada de 18.000 m². Os recursos hídricos na propriedade são geridos de forma automatizada com aparelhos de medição de recurso hídrico utilizado e sensores de temperatura do ambiente, o método de irrigação também é feito por aspersão. Localizada a setenta e quatro quilômetros do centro do município de Marilac, na Região do Vale do Rio Doce, no leste de Minas Gerais.

Para o levantamento dos dados foram feitas entrevistas com os proprietários e funcionários de cada propriedade, também foi permitido registrar o consumo de água utilizado na irrigação. A fim de analisar a infraestrutura do sistema, foram efetuadas diversas visitas em campo, onde foram observados alguns pontos principais como o transformador de energia monofásico de 25 kVA, encontrados em ambas as propriedades, e o padrão de energia com tarifa diurna onde a energia tem tarifação fora de ponta entre os horários de 5:00 e 12:00 em média. Observa-se que o acionamento da moto bomba é feito através de um circuito acoplador já existente.

4 RESULTADOS

A automação do sistema de irrigação tem por finalidade deixar o processo mais ágil, como também economizar água. Utilizando o microcontrolador ATMELAtMega328p pu em plataforma Arduino Uno R3 para realizar o controle de fluxo hídrico através de informações captadas por sensores de umidade do solo, fluxo de vazão, temperatura, etc. Desta forma, o sistema é capaz de captar parâmetros de interesse no manejo e controlar os elementos de irrigação, como por exemplo: bombas de água e válvulas de maneira automatizada.

O projeto a seguir foi baseado no desenvolvido por Adilson Thomsen (2016). Para este projeto, temos três LEDs que acendem conforme o nível detectado pelo sensor de umidade: vermelho para solo seco, amarelo para umidade moderada e verde para solo úmido. O processo

se inicia com a captação da umidade do solo através de sensores de umidade.

O sensor de umidade do solo consiste em 2 partes: uma sonda que entra em contato com o solo, e um pequeno módulo contendo um chip comparador LM393 (data sheet), que vai ler os dados do sensor e enviá-los para o microcontrolador Arduino Uno. Como saída, temos um pino D0, que fica em nível 0 ou 1 dependendo da umidade, e um pino de saída analógica (A0) que possibilita monitorar com maior precisão usando uma porta analógica do microcontrolador (THOMSEN, 2016).

O sensor de umidade possui duas sondas que são utilizadas para medir o conteúdo volumétrico da água presente no solo. Uma corrente é aplicada através da sonda que passa pelo solo e assim é obtido o valor da resistência elétrica que é utilizado para medir o valor de umidade. Se o solo possui um nível elevado de umidade, irá conduzir a corrente com mais facilidade, o que significa que haverá menor impedância. O solo seco também conduz a eletricidade, entretanto, possui uma impedância maior devido ao baixo nível de umidade e, portanto, possui menos íons dissolvidos.

Com a saída digital (D0), o funcionamento básico é o seguinte: quando a umidade está baixa (solo seco), a saída fica em nível alto. Do contrário (solo úmido), a saída fica em nível baixo. Um pequeno potenciômetro embutido no sensor é usado para ajustar os limites de referência (VIDAL, 2017). O módulo tem um LED que indica quando a placa está sendo alimentada corretamente, outro acende quando a saída digital for acionada. A sensibilidade do módulo é ajustada por meio do potenciômetro existente na placa (THOMSEN, 2016).

O Arduino Uno é conectado ao computador utilizando o cabo USB, onde é preciso carregar na biblioteca do Arduino um código escrito em linguagem C++ previamente compilado. De acordo com o valor lido, acende o LED correspondente à solo seco (LED vermelho), solo com umidade moderada (LED amarelo) ou solo úmido (LED verde). O valor da porta analógica e a condição de umidade também são mostrados no serial monitor.

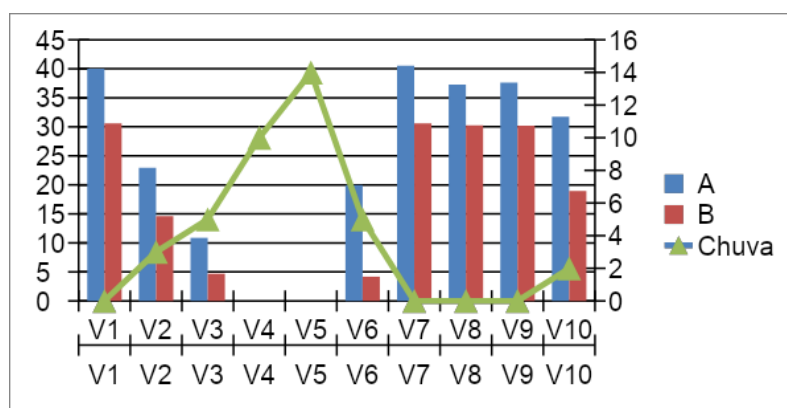
Os dados coletados das propriedades “A” e “B” foram registrados em tabelas, para que fosse possível fazer uma comparação do consumo de água durante o processo de irrigação de cada uma. O local “A” possui uma plantação de 12.000m² com irrigação manual e o local “B” possui 18.000m² de plantio com irrigação automatizada. A temperatura mínima e máxima foram registradas no início do processo às 5:00h da manhã e final do processo de irrigação às 12:00h, respectivamente. A chuva captada durante o dia de cada visita também foi registrada, pois é uma irrigação natural que reduz a quantidade de água necessária gasta pelo agricultor.

Desse modo, foi possível perceber que na propriedade “B” houve um maior consumo de água quando não houve registro de chuvas no dia e embora seja maior que a propriedade

“A”, utilizou-se menos água em períodos de chuva e foi mais consistente em seu consumo. A quantidade de chuva registrada durante o dia de cada visita teve grandes impactos na quantidade de água utilizada na irrigação, havendo dias em que nenhuma das propriedades tiveram consumo de água.

Analisando os dados coletados da pesquisa, foi possível estimar a quantidade de água gasta por plantação de banana, considerando a informação fornecida por funcionários e proprietários de cada local. Estimando que produziam aproximadamente mil e setecentos bananeiras em um espaço de dez mil metros quadrados, que equivale a 1 hectare, sendo possível uma comparação melhor da eficiência do projeto de automação.

Gráfico 1 - Água gasta por planta de banana em relação à chuva



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O microcontrolador Arduino foi criado com o intuito de auxiliar no ensino de eletrônica, uma plataforma de baixo custo e fácil acesso aos estudantes. Assim como aconteceu com o sistema operacional *Linux*, plataforma de código aberto disponível para a comunidade, que ajudou muito o seu desenvolvimento.

Existem atualmente diversos projetos que utilizam a plataforma Arduino, mas tendo em vista a importância da agricultura para o nosso país, pois é dela que a maior parte dos pequenos agricultores obtêm seu sustento, foi abordado neste artigo a automatização de uma pequena plantação de banana, visando atender a requisitos básicos como a simplicidade, qualidade, custo acessível e envolvimento de seus próprios protótipos.

O código desenvolvido utiliza sensores capazes de realizar as medições de umidade e temperatura proporcionando as informações necessárias ao microcontrolador para ativar ou desativar a bomba de irrigação. Entende-se que a utilização do Arduino num sistema de

irrigação pode ajudar na economia de água e na otimização da lavoura.

As informações que o sistema de automação disponibiliza é de grande importância para os pequenos agricultores e assim como também cria uma facilidade maior para irrigação, é possível analisar se é necessário ou não realizar a irrigação do seu cultivo a depender da umidade ou temperatura do local.

É fundamental verificar a tensão em que será feita a ligação do moto bomba que vai gerenciar a vazão da água: 127V, 220V ou 440V para motores monofásicos e 220V ou 380 V para motores trifásicos, conforme a tensão disponível no local. É obrigatória a instalação de um disjuntor relé para controle de sobrecarga e falta de fase para promover a proteção dos motores elétricos.

Este projeto pode ser aprimorado, desenvolvendo um sistema com protocolo de comunicação WEB ou GPRS. Oferecendo ainda mais praticidade no manejo de irrigação. Pode ser feita a instalação de mais sensores para que haja uma média da umidade, monitorando a totalidade da área e a etapa de análise do solo que será usado. Sendo muito importante para determinar a umidade ideal para a planta, para então determinar valores para acionamento do sistema de irrigação. Assim, evita-se o desperdício de água checando todos os componentes da estação de bombeamento como válvulas, conexões, tubulações e bombas. Procurar por vazamentos na tubulação também é importante para o funcionamento correto do sistema. É indicado que a manutenção em sistemas automatizados seja sempre feita regularmente para verificar se os dispositivos de acionamento e liberação de água tenham a variada, e prevenir que haja desperdício na distribuição de água por mal funcionamento.

Conclui-se, então, que o objetivo de implementar um sistema de irrigação automatizado para os pequenos agricultores é importantíssimo para melhorar de forma significativa seu cultivo. O projeto apresentado é de fácil acesso e executa todas as funções mínimas necessárias para que a irrigação do cultivo seja mais eficaz com perdas hídricas minimizadas pelos processos de automação evitando danos à cultura cultivada.

6 REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2019.
- ANDRADE, Camilo de Lelis Teixeira de; BRITO, Ricardo A L. Métodos de Irrigação. **Revista Eletrônica Sistema de Produção**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_16820051120.html. Acesso em: 03 out. 2020.
- ARAÚJO, N. C.; FACHIN, J. Evolução das fontes de informação. **BIBLOS - Revista do Instituto de Ciências Humanas e da Informação**, v. 29, n. 1, 2015. Disponível em:

- <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/23206>. Acesso em: 03 out. 2020.
- ASHTON, Kevin et al. That ‘internet of things’ thing. **RFID journal**, v.22, n.7, p.97-114, 2009.
- GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Microcontroladores 8051**: teoria do hardware e software/ aplicações em controle digital laboratório e simulação. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002. 402p.
- LIMA, Charles Borges de; VILLAÇA, Marco Valério Miorim. **Avr E Arduino**: Técnicas De Projeto. 2. ed. Florianópolis: Clube deAutores, 2012.
- MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Editora FGV, 2018.
- RAMOS, Patrícia Edi. **Vivendo uma nova era**: a tecnologia e o homem, ambos integrantes de umasociedade que progride rumo ao desenvolvimento. Escola Estadual Maria Eduarda Pereira Soldera, 2012.
- REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA JR., G; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil**: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3. Ed. SãoPaulo: Escrituras Editora, 1999.
- REBOUÇAS, Aldo da C. **Água no Brasil**: abundância, desperdício e escassez. Bahia análise & dados, v.13, p. 341-345, 2003.
- ROSA, Daniel Lemos da. O que é Arduino? **USINAINFO**, 21 mar. 2017. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- SOUZA, Fábio. Introdução ao Arduino – Primeiros passos na plataforma. **Embarcados**, 06 nov. 2013. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- SUNDMAEKER, Harald et al. Vision and challenges for realising the Internet of Things. **Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, European Commision**, v. 3, n. 3, p. 34-36, 2010.
- TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação**: métodos, sistemas e aplicações. Faculdade de Engenharia Agrícola Unicamp – FEAGRI, 2011.
- THOMSEN, Adilson. Monitore sua planta usando Arduino. **Filipe Flop**, 7 jun 2016. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/monitore-sua-planta-usando-arduino/>. Acesso em: 10 out. 2020.
- VASCONCELOS, Laércio. 1999 – Memórias (Perguntas e Respostas). 2014. Disponível em:<https://www.laercio.com.br/tag/memoria/page/6/>.Acessoem:11nov.2020.
- VIDAL, Vitor. Automação de sistema de irrigação: Sensor de umidade e válvula solenóide. **Blog Eletrogate**, 21 ago. 2017. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/automacao-de-sistema-de-irrigacao-sensor-de-umidade-e-valvula-solenóide/>. Acesso em: 10 out. 2020.