

TECNOLOGIA 4.0 NA AGRICULTURA: O Sistema Automatizado AutoGrow para irrigação de Lavouras

Beatriz Pavan Antonio¹ – Faculdade de Tecnologia de Carapicuíba

Danilo Kodavara² – Faculdade de Tecnologia de Carapicuíba

Edimar Proença³ – Faculdade de Tecnologia de Carapicuíba

Profa. Me. Magali Amorim Mata⁴ – Faculdade de Tecnologia de Carapicuíba

Profa. Dra. Silvia Maria Farani Costa⁵ – Faculdade de Tecnologia de Carapicuíba

RESUMO

Um dos fatores *sine qua non* para que o homem passasse a ser sedentário, abandonando sua vida nômade foi a condição de que houvesse água na região em que escolhia para se fixar, uma vez que a inexistência dos recursos hídricos, impossibilitaria a permanência num mesmo local por um tempo indeterminado, o que teria impedido e impactado o surgimento tanto da agricultura quanto da pecuária. A água, portanto, como elemento primordial e principal para que a sociedade adotasse o sedentarismo. Este artigo tem como objetivo geral relatar o desenvolvimento de um protótipo para um sistema de irrigação automatizado baseado na tecnologia Arduino, bem como, um aplicativo para dispositivos móveis que disponibilizará os dados capturados por sensores instalados em diversos pontos de uma determinada plantação. Diante de conceitos como Tecnologia da Informação, Indústria 4.0, Internet das Coisas e Agricultura 4.0, visa-se o desenvolvimento de um sistema capaz de promover a automação da irrigação em lavouras para uma agricultura de precisão com vistas à otimização dos processos produtivos seja no campo, seja em jardins residenciais. Trata-se de uma pesquisa experimental, de natureza aplicada com abordagem qualitativa.

Palavras-chave: Irrigação. Automação. Arduino. Agricultura de Precisão.

ABSTRACT

One of the sine qua non factors for man to become sedentary, abandoning his nomadic life was the condition that there was water in the region where he chose to settle, since the lack of water resources would make it impossible to stay in one place for an indefinite period, which would have prevented and impacted the emergence of both agriculture and livestock. Water, therefore, as a primordial and main element for the society to adopt the sedentarism. This article aims to report the development of a prototype for an automated irrigation system based on Arduino technology, as well as a mobile application that will make available the data captured by sensors installed at various points in a given plantation. Faced with concepts such as Information Technology, Industry 4.0, Internet of Things and Agriculture 4.0, the aim is to develop a system capable of promoting the automation of irrigation in crops for a precision agriculture with a view to optimizing production processes whether in the field, or in residential gardens. This is an experimental research, of applied nature with qualitative approach.

Keywords: Irrigation. Automation. Arduino. Precision agriculture.

¹ - Discente do CST em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – *e-mail*: beatriz.antonio@fatec.sp.gov.br

² - Discente do CST em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – *e-mail*: danilo.kodavara@fatec.sp.gov.br

³ - Discente do CST em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – *e-mail*: edimar.proenca@fatec.sp.gov.br

⁴ - Mestre em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional pelo CEETEPS – *e-mail*: magali.mata@fatec.sp.gov.br

⁵ - Doutora em Engenharia Elétrica pela EPUSP – *e-mail*: silvia.costa01@fatec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores *sine qua non* para que o homem passasse a ser sedentário, abandonando sua vida nômade foi a condição de que houvesse água na região em que escolhia para se fixar. A água, portanto, como elemento primordial e principal para que a sociedade adotasse o sedentarismo, uma vez que a inexistência dos recursos hídricos, impossibilitaria a permanência num mesmo local por um tempo indeterminado, o que teria impedido e impactado o surgimento tanto da agricultura quanto da pecuária. Dados históricos das antigas sociedades evidenciam a dependência da agricultura irrigada, em que as grandes civilizações desenvolveram-se nas proximidades de significativos rios como o rio Nilo, no Egito, por volta de 6000 A.C, rio Tigre e Eufrates, na Mesopotâmia, por volta de 4000 A.C, e Rio Amarelo, na China, por volta de 3000 A.C. Na Índia, há indícios da prática da irrigação em 2500 A.C. Nas civilizações antigas, a irrigação era praticada fazendo-se represamentos de água cercados por diques (MALACCO, 2013).

Segundo Wilson (2008) a irrigação é uma técnica empregada na agricultura cujo objetivo é o fornecimento controlado de água para lavouras ou plantações, na quantidade suficiente e no momento certo. Foi desenvolvida no império persa com vistas à produtividade e à sobrevivência da plantação. A irrigação é um complemento à precipitação natural, isto é, seja por águas pluviais ou fluviais, podendo enriquecer o solo, com a deposição de elementos fertilizantes.

Com o avanço da tecnologia e divulgação das mesmas, a irrigação espalhou-se por várias partes do mundo. De acordo com Marquelli (1998) o crescimento demográfico brasileiro, associado às transformações pelas quais passou o perfil da economia, refletiu de maneira notável o uso dos recursos hídricos na segunda metade do século XX. A migração da população do campo para a cidade e a industrialização, além de exercerem significativa demanda das águas dos mananciais, o aumento da população reclamou maior produção de alimentos, o que veio encontrar na agricultura irrigada o canal apropriado para satisfazer a essa demanda.

A agricultura foi ponto essencial para a evolução do ser humano: cultivar hortas, para comércio, consumo próprio, *hobbie* ou decoração o acompanhou desde os primórdios. Porém, nos tempos atuais, com a revolução da tecnologia e o mercado de trabalho tomando cada vez mais tempo, as pessoas que vivem nas cidades têm deixado a prática da cultura de plantio por não conseguirem dar a necessária atenção às suas plantas, paralelamente, a exigência de uma

produção mais eficiente e em larga escala para os pequenos, médios e grandes produtores também se fez notória.

Tendo em vista o crescimento agrícola no Brasil, bem como, o uso de sistemas automatizados, conclamando uma agricultura de precisão, com vistas à otimização da produção, a presente pesquisa visou abordar o desenvolvimento de uma solução para gerenciamento adequado da irrigação de plantas e lavouras, ao fornecer em seu desenvolvimento um módulo de monitoramento de reservatórios de água, da temperatura e da umidade do ar para controle ambiental da área em que o cultivo se encontra. Este artigo tem como objetivo geral relatar o desenvolvimento de um protótipo para um sistema de irrigação automatizado baseado na tecnologia Arduino, bem como, um aplicativo para dispositivos móveis que disponibilizará os dados capturados por sensores instalados em diversos pontos de uma determinada plantação, seja para uso na jardinagem doméstica, seja em lavouras de pequeno e médio porte.

Trata-se de uma pesquisa experimental, de natureza aplicada com abordagem qualitativa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para realização da pesquisa bibliográfica e da revisão da literatura, foi levado em consideração termos abordados acerca do assunto com vistas ao conceito de irrigação e seu cenário atual no Brasil, bem como, uma abordagem sobre a tecnologia da informação, rápida abordagem conceitual para agricultura de precisão, Indústria 4.0, Internet das Coisas, e sua contribuição em relação aumento de produtividade no setor agrícola colaborando para fomentação da Agricultura 4.0.

2.1 Irrigação

Na literatura da história da ciência agrícola existem diferentes definições para o termo irrigação. Para Testezlaf (2017), irrigação compreende as técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a otimização da produção.

De acordo com Lima et al. (1999), desde o seu surgimento, a irrigação visa corrigir a distribuição natural das chuvas, possibilitando o estabelecimento do homem em zonas áridas e semiáridas, tornando esses locais permanentemente habitados e produtivos.

Para Castro (2003) é a técnica que tem por objetivo oferecer a quantidade necessária de água à planta e no instante em que ela necessitar. Em algumas regiões, devido à baixa precipitação de chuvas, o cultivo de plantas não é possível sem a utilização de um processo de irrigação. Por outro lado, em regiões em que a precipitação é regular a irrigação complementa o suprimento de água para a planta.

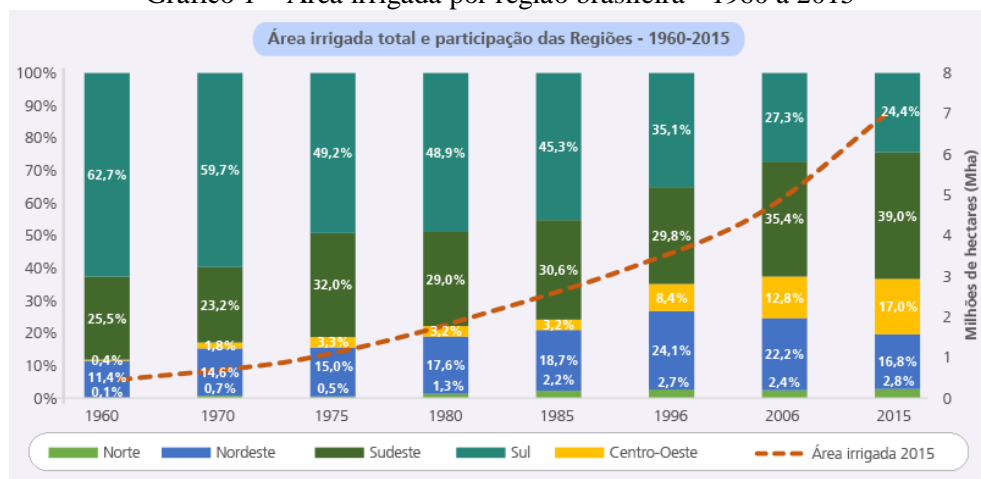
O fornecimento de água às plantas é pertinente ao desenvolvimento metabólico que ela realiza. As plantas consomem a água do solo através de suas raízes e uma parte dessa água é absorvida, porém grande parte é eliminada por sua folhagem, na forma de vapor de água, em um processo chamado de transpiração (CUNHA e ROCHA, 2015).

Segundo Klar et al. (1966), os resultados obtidos por meio de experimentos indicam que é possível adquirir aumento de produção através da irrigação, desde que a água seja fornecida às culturas de forma racional e conforme a necessidade.

2.1.1 Cenário da irrigação no Brasil

A Agência Nacional de Águas informa que o Brasil está entre os 10 países com maior área equipada para irrigação do mundo, contando com 6,95 milhões de hectares irrigados. O Gráfico 1 apresenta a evolução de áreas irrigadas em diferentes regiões brasileiras no período de 1960 a 2015.

Gráfico 1 – Área irrigada por região brasileira - 1960 a 2015



Fonte: Agência Nacional de Águas (2015)

Conforme relata a Agência Nacional de Águas, são necessários avanços, uma vez que a irrigação ainda é pequena frente ao potencial estimado do País, sendo projetado um crescimento de 28% de áreas irrigadas até o ano de 2030 em relação ao ano de 2015.

2.2. Tecnologia da Informação e a Agricultura

2.2.1 Tecnologia da Informação na Agricultura

Conforme relata Massruhá (2015), as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) contribuem com diversas áreas de conhecimento, permitindo o armazenamento e o processamento de grandes volumes de dados, bem como a automatização de processos e o intercâmbio de informações e de conhecimento.

Mendes et al. (2014) discorrem sobre o papel central das TIC no desenvolvimento da agricultura, defendendo que seu uso contribuiu para o aumento da produtividade agrícola, permitindo adquirir uma melhor gestão da produção e da propriedade rural, seja no planejamento, monitoramento ou acompanhamento da produção.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), atualmente o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de alimentos, fibras e energias renováveis. Esse fator, deu-se pelo investimento do país em ciência e tecnologia e o surgimento de agricultores dinâmicos e competitivos, fazendo com que a agropecuária brasileira construísse uma história de sucesso nos últimos 40 anos (EMBRAPA, 2014).

Até os anos 1970, o crescimento da agropecuária era baseado na expansão das áreas de cultivo, pois convivia com baixos índices de produtividade (EMBRAPA, 2014). Conforme destacado por Massruhá (2015), um dos desafios da produção agrícola é aumentar a produtividade sem ampliar a área plantada, desafio esse que abre portas para novas oportunidades na utilização de inovações na área de TIC.

Algumas das inovações mais recentes prometem aprimorar as pesquisas na agricultura. Dentre algumas utilidades no campo, Massruhá (2015) cita, sistemas de irrigação inteligente, agricultura de precisão envolvendo inteligência embarcada, automação e rede de sensores locais para mapeamento de solos, monitoramento de doenças e de variáveis meteorológicas e sensoriamento remoto visando obter mais dados sobre a produção e os aspectos ambientais e climáticos.

2.2.2 Agricultura de Precisão

A EMBRAPA (2015) pontua que o termo Agricultura de Precisão (AP) é um tema que não se restringe a alguma cultura ou a alguma região em específico. Por tratar-se de um assunto multidisciplinar, sistêmico e abrangente, caracteriza-se por ser um sistema integrado de manejo de informações e de tecnologias, tomando-se as variáveis tempo e espaço como influências nos rendimentos e resultados dos cultivos. A Agricultura de Precisão objetiva o detalhamento no gerenciamento de sistema de produção agrícola de maneira integrada, não

apenas no que diz respeito às aplicações de insumos ou de mapeamentos diversos, porém na somatória de todos os processos pertinentes aí envolvidos.

Esse sistema de ferramentas integradas para a agricultura pode compor-se por: a. Sistemas de Posicionamento Global (*GPS – Global Position System*) ou pelos Sistemas de Navegação via Satélite (*GNSS - Global Navigation Satellite System*); b. pelo Sistema de Informações Geográficas, (*SIG*); c. por instrumentos e sensores para medição ou para detecção de parâmetros ou de alvos que tenham interesse para o agroecossistema, isto é, relativo ao solo, à plantação, aos insetos e às doenças; d. por instrumento da mecatrônica; e. por instrumentos de geoestatística (EMBRAPA, 2015).

Para Coelho e Silva (2009) a Agricultura de Precisão está relacionada ao uso de equipamentos de alta tecnologia, podendo ser um *hardware*, efetivamente, ou um *software* com vistas a se avaliar, ou se monitorizar as condições num dada área de plantio, para aplicação posterior de diferentes elementos de produção, como sementes, fertilizantes, fitofármacos, reguladores de crescimento, água, entre outros, de acordo com a necessidade. Para os autores, essas necessidades estão associadas a variáveis tais como o tipo de solo, ou à capacidade de armazenamento de água, ou ao teor de nutrientes, ou ao pH, ou à matéria orgânica. Existem outras necessidades, entretanto, que estão tem relações a outras variáveis tais como o declive, ou a exposição ao sol, ou a existência de pragas e/ou doenças, mas que têm igualmente impactos sobre a variabilidade espacial da produtividade das culturas.

2.4. Indústria 4.0

Surge pelo avanço da eletrônica, pelos sistemas computadorizados e pela robótica. O início da Indústria 4.0 deriva de um projeto do governo alemão cujo foco era o desenvolvimento das tecnologias voltadas para as indústrias, com o objetivo maior de aumentar a competitividade, a partir de “fábricas inteligentes” através da conexão e integração de máquinas, sistemas e ativos criando unidades de produção “inteligentes”, ao longo do processo produtivo. Tais redes inteligentes sendo controladas autonomamente, com a mínima intervenção humana, a partir do tratamento das informações produzidas pela cadeia produtiva e pela demanda de produção (AMORIM, 2017).

Assumida como a 4.^a Revolução Industrial, Amorim (2017) acrescenta que o termo Indústria 4.0 agrega as principais inovações tecnológicas relativas à automação, ao controle e à tecnologia da informação, quando juntas são aplicadas aos meios de produção. Trata-se de um conceito contemporâneo baseado em processos industriais descentralizados, controlados,

autonomamente, por sistemas *cyber-físicos* e pela Internet das Coisas (IOT – *Internet of Things*).

2.5 IOT – *Internet of Things* e IIOT *Industrial Internet of Things*

O advento da “Internet das Coisas” traduz-se, como um significativo divisor e fomentador da nova revolução industrial uma vez que possibilita uma comunicação, um diálogo, entre os sistemas e os equipamentos, de forma autónoma, possibilitando, inclusive, a tomada de decisões sem que ocorra interferência humana, seguindo-se tão somente a leitura dos dados dos sistemas presente em módulos de produção (BORLIDO, 2017; AMORIM, 2017).

2.5.1 IOT – *Internet of Things* – A *Internet* das Coisas

Segundo a *Cisco Internet Business Solutions Group*, a Internet das Coisas refere-se ao exato momento em que foram conectados à *Internet* mais “coisas ou objetos” do que “pessoas”. Ao interligar-se os objetos que rodeiam às pessoas, tudo muda, tudo fica mais inteligente, eficiente e controlável. A *Internet* das Coisas é uma tecnologia que possibilita a comunicação entre aparelhos eletrônicos por meio da *Internet*. Pode estar presente em inúmeras áreas, como educação, segurança, saúde, entretenimento, transportes, agricultura, entre outras. Na atualidade o aumento intenso de tráfego de dados na rede global de computadores é consequente da *Internet* das Coisas (STEINHAUSER, 2015; NETO et al., 2017).

Uma nova dimensão foi adicionada ao mundo das tecnologias da informação e da comunicação: a qualquer hora, em qualquer lugar, a conexão para todas as pessoas será também a conexão para todas as coisas. O conceito da *Internet* das Coisas contrapõe o conceito comum da *Internet*, pelo motivo de se conectar em dispositivos antes nunca imaginado e não somente a dispositivos de uso diário. A *Internet* das Coisas representa uma inovação tecnológica capaz de conectar dispositivos como eletrodomésticos, roupas, meios de transporte à *Internet* e a outros aparelhos, como computadores, smartphones e *tablets* (ITU, 2005; SILVA, et al., 2015; NETO, et al., 2017;).

2.5.2 *Industrial Internet of Things*

À “*Internet* das coisas” se somaram a Inteligência Artificial e a Robótica com automação, isto é, o tripé que servirá de motor para o rápido avanço da 4ª Revolução Industrial, a Indústria 4.0, isto é, o uso das redes inteligentes com máquinas comunicando-se

entre si com aplicações remotas que se monitoram e se controlam, perfazendo-se um *Industrial Internet Of Things* (IIOT) em que todos os sensores e *softwares* permitem uma conexão entre máquinas, otimizando os processos produtivos. Assim IIOT é o uso da IOT no ramo industrial. Para tanto, diversos conceitos tais como, *Machine Learning*, *Big Data*, operam entre si nesta aplicação industrial (BORLIDO, 2017)

2.6. Agricultura 4.0

A Agricultura 4.0 é um termo derivado de Indústria 4.0. Conforme Amorim (2017), o termo Indústria 4.0 se refere a um conceito contemporâneo que representa a quarta revolução industrial, que se deu devido à expansão da *internet*, e está baseada em processos industriais controlados por sistema *cyber-físicos* e pela internet das coisas do termo inglês *Internet of Things* (IoT).

Por conseguinte, o termo Agricultura 4.0 surgiu como uma consequência da agricultura de precisão anuindo que há muitas propriedades que já se encontram integradas e conectadas, com operações a partir da automatização de processos e da IoT e uso de *BigData*, ou seja, um conjunto de informações de forma dinâmica para tomada de decisões com vistas à otimização da competitividade e resultados (BORLIDO, 2017; AMORIM, 2017)

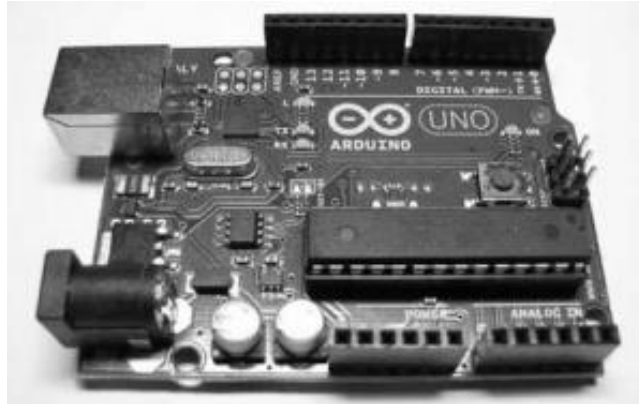
2.7. Microprocessador Arduino

Cavalcante et al (2014) relatam que o microprocessador Arduino teve seus primórdios no ano de 2005 na Itália, com o intuito de disponibilizar uma ferramenta para controle de projetos e protótipos construídos a partir de um sistema mais acessível em relação a outros sistemas disponíveis no mercado.

O Arduino é definido por McRoberts (2011, p.22) como “uma plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de *hardware* e *software*”. O *hardware* e o *software* são ambos *open-source*, sendo assim, os códigos e projetos podem ser utilizados livremente para qualquer propósito e por qualquer pessoa, podendo-se adicionar diversos tipos de componentes direcionados e programados para uma atividade específica (MCROBERTS, 2011).

A Figura 2 apresenta uma placa de Arduino. Conforme McRoberts (2011) é composta de um microprocessador Atmel AVR, um cristal ou oscilador (relógio simples que envia pulsos de tempo em tempo em uma frequência específica, para permitir sua operação na velocidade correta) e um regulador linear de 5 volts.

Figura 2 – Placa Arduino Uno



Fonte: McRoberts, 2011 p. 23

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de uma pesquisa experimental, de natureza aplicada com abordagem qualitativa. Visa-se o desenvolvimento de um sistema capaz de promover a automação da irrigação em lavouras. Este estudo foi realizado por meio do processo exploratório, descritivo e aplicado. Através da pesquisa bibliográfica, pode-se explicar, descrever e analisar sua evolução do uso da tecnologia da informação na agricultura, a agricultura de precisão, a internet das coisas englobando os termos Indústria 4.0 e Agricultura 4.0, bem como conceituar irrigação e verificar seu cenário atual no Brasil.

Uma pesquisa foi aplicada com a finalidade de adquirir conhecimentos técnicos necessários para realizar o desenvolvimento de um protótipo para irrigação automatizada, quando então, foram realizados estudos relacionados ao modo de operar do Arduino e sistemas de irrigação automatizados.

4 SISTEMA AUTOGROW PARA AUTOMATIZAÇÃO NA IRRIGAÇÃO DE LAVOURAS

O AutoGrow é um protótipo projetado para realizar automação da irrigação e monitoramento de lavouras. O sistema desenvolvido possui dois módulos: módulo de irrigação automática e o módulo de monitoramento. Conforme Weiszflog (2004), protótipo é definido como um primeiro exemplar que serve de modelo para testes, ou seja, a versão preliminar de um novo produto a ser testado e aperfeiçoado.

De acordo com Zarpelon et al. (2009), a automação é um sistema que permite o controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições

e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência humana e, tendo como objetivo tornar o um determinado processo mais eficiente.

Para realizar o desenvolvimento do protótipo, foi considerado a aplicação de componentes de baixo custo e a utilização de placa Arduino. Conforme explica Deshmukh (2005), o Arduino funciona como um microcontrolador, com um sistema encapsulado em um único *chip*, com memórias, *clock* e periféricos, onde o uso desses circuitos integrados permite reduzir o custo da automação e propiciar maior flexibilidade. Para o desenvolvimento foram utilizados uma placa controladora com plataforma Arduino, sensores, cabos de conexão, válvula solenoide elétrica, relé e fonte de energia. O protótipo também possui um aplicativo, inicialmente desenvolvido para plataformas *Android*, que mostra as atualizações dos dados coletados pelos sensores, atendendo os requisitos necessários para o módulo de monitoramento.

4.1. Componentes e softwares

Um dos componentes do sistema é a placa Arduino UNO R3 que funciona como um microcontrolador e foi programada a partir da IDE (*Integrated Development Environment*) nativa do Arduino que está disponível gratuitamente. A IDE é baseada na linguagem de programação *Wiring*, muito parecida com as linguagens C e C++.

O Arduino é composto por várias portas que podem ser configuradas como portas de *input* ou *output*, as quais foram programadas para enviar ou receber dados dos sensores. Com essas informações foi possível fazer a leitura dos sinais elétricos dos sensores empregados e liberar sinais para atuação do relé.

Um dos sensores utilizados é o higrômetro, que detecta as variações de umidade do solo. Quando o solo está seco, a saída do sensor fica em estado alto, e quando úmido em estado baixo. As informações obtidas pelo sensor são enviadas para a placa controladora para que esta realize a leitura dos dados.

Para o controle da irrigação, uma válvula solenoide elétrica foi conectada ao relé. A válvula libera o fluxo de água, sempre que o sinal de entrada atinge um determinado valor pré-programado que informa que o solo está seco conforme as necessidades da planta ou lavoura a ser irrigada.

Para o módulo de monitoramento, foram instalados sensores de temperatura e umidade do ar e sensor de boia de nível. Assim como o sensor de umidade do solo, estes, capturam as informações e enviam para a placa controladora.

Cada sensor deve se conectar à controladora através de um cabo, para que os dados sejam enviados e tratados na controladora que, por sua vez, envia esses dados para o aplicativo AutoGrow através da tecnologia sem fio *bluetooth*.

Na Tabela 1 é apresentado o investimento necessário para desenvolver o protótipo apresentado que, atualmente, atende uma área de 1m². Para atender uma região ou quantidade de plantas maior, basta adicionar mais higrômetros e solenóides. Sendo assim, o custo final de um projeto irá variar conforme as necessidades da área a ser atendida.

Tabela 1 – Valores dos componentes e custo do protótipo

Descrição do componente	Quantidade	Valor(R\$)
Arduino Uno Rev3 R3	1	29,99
Higrômetro para Arduino	1	14,35
Boia de nível	1	20,00
Válvula solenoide elétrico	1	37,90
Sensor de umidade e temperatura do ar DHT11	1	8,08
Cabos de conexão para sensores e portas	100	10,00
Modulo relé 2 canais 5v/10a	1	10,30
Fonte de energia 20 volts	1	40,00
Total		170,62

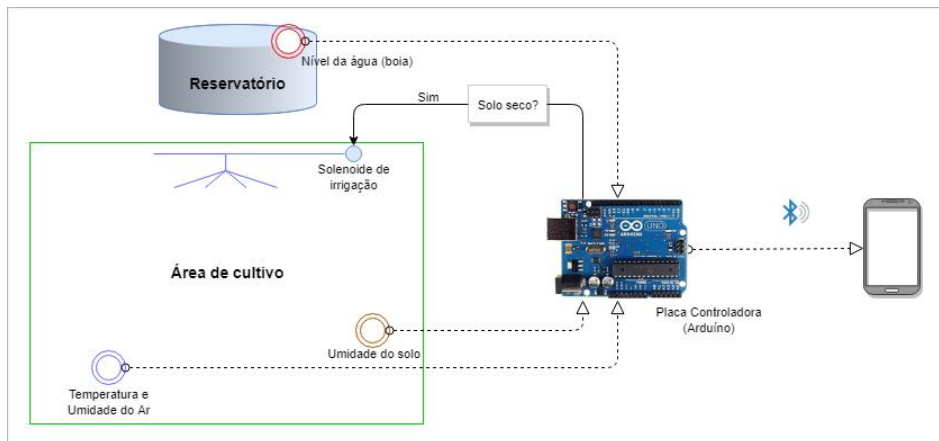
Fonte: Elaborada pelos autores

O aplicativo AutoGrow foi desenvolvido para atender o módulo de monitoramento. Utilizou-se a plataforma Android Studio que é disponibilizada gratuitamente e a linguagem de programação Java.

4.2. Módulos do sistema

A Figura 3 apresenta uma topologia do sistema a partir dos dois módulos. Como pode ser observado, os sensores enviam os dados para a placa controladora. A placa controladora processa os dados, verifica a umidade do solo, se o solo estiver com o índice de umidade baixo um sinal é enviado para que o solenoide de irrigação seja aberto. Após processamento dos dados a placa controladora envia os dados para o aplicativo.

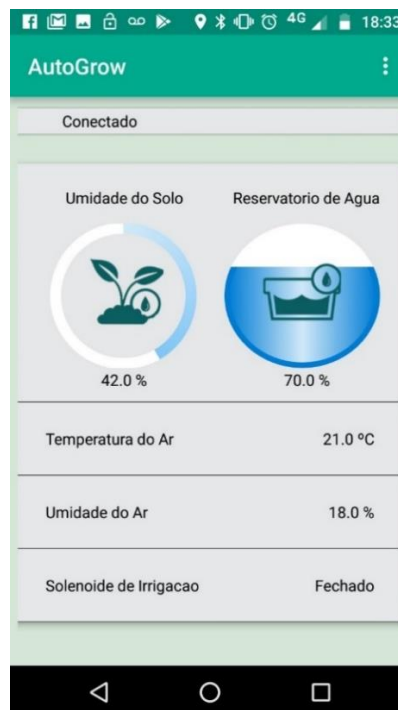
Figura 3 – Topologia do sistema AutoGrow



Fonte: Elaborada pelos autores

O ciclo de funcionamento é repetido continuamente, dessa forma, todos os dados apresentados no aplicativo ficarão atualizados e sempre que necessário o solenoide de irrigação poderá ser aberto ou fechado. Quando aberto o fornecimento de água será realizado até a placa controladora constatar que o solo possui umidade suficiente para fechar o solenoide.

Figura 4 – Tela do aplicativo AutoGrow



Fonte: Elaborada pelos autores

Como pode ser observado na Figura 4, a tela de consulta do aplicativo AutoGrow mostra os dados do monitoramento exibindo as informações atualizadas referentes à temperatura e umidade do ar, porcentagem de umidade do solo, porcentagem de nível de água do reservatório e estado do solenoide de irrigação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O funcionamento dos sensores de umidade do solo, umidade e temperatura do ar e nível de água do reservatório foram testados e não apresentaram problemas em relação a integração com a placa Arduino.

A placa controladora foi programada para receber e tratar os dados dos sensores, em especial os dados do sensor de umidade do solo. Para os testes, foi determinado que o solo será considerado propício para irrigação quando o valor do estado de umidade fornecido pelo sensor estiver entre 600 e 1023. Abaixo deste intervalo, o solo é considerado úmido e a válvula solenoide é desligada. É importante ressaltar que esses parâmetros podem ser alterados conforme a necessidade de cada planta ou lavoura.

Também foram realizados testes no aplicativo, onde, não foi constatado problemas de atualização dos dados em tempo relativo. Assim como o sensor de umidade, os sensores de nível da água e temperatura e umidade do ar, enviaram informações para a placa controladora, que foi programada para tratar esses dados e enviar para o aplicativo.

Sendo assim, os primeiros testes no protótipo foram positivos, mostrando a capacidade de evoluir nos testes, ampliando os sensores e a quantidade de plantas a serem irrigadas e monitoradas. Contudo, é importante ressaltar que o protótipo deve ser submetido a um projeto piloto com uma área significativa para o monitoramento, desta maneira, será possível identificar as melhorias necessárias, tanto no módulo de irrigação quanto no módulo de monitoramento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com um orçamento baixo e a utilização de ferramentas eficientes e gratuitas foi possível desenvolver um primeiro modelo do sistema de irrigação automatizada AutoGrow, o que viabilizou os primeiros testes em sua estrutura e funcionamento, sendo assim, as expectativas para conclusão da primeira etapa de desenvolvimento do protótipo foram atingidas.

A partir da revisão bibliográfica foi identificado que existe demanda para um produto comercializável, tendo em vista o crescimento do uso da tecnologia da informação no setor agrícola. Desta forma, os objetivos gerais e específicos da pesquisa foram devidamente atingidos.

No entanto, sugere-se futuras pesquisas de testes de campo para averiguar possíveis falhas no sistema quando ampliado para uma escala maior, bem como os danos que podem ser causados aos equipamentos utilizados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de irrigação. Uso da Água na Agricultura Irrigada**. [s.l.].[s.n]. Disponível em: <<http://atlasirrigacao.ana.gov.br>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

AMORIM, E. J. A “**indústria 4.0**” e a sustentabilidade do modelo de financiamento do **Regime Geral da Segurança Social**. Cadernos de Direito Actual, v. extraordinário, n. 5, p. 243-254, 2017. Disponível em:

<http://www.cadernosdedereitoactual.es/ojs/index.php/cadernos/article/viewFile/132/93>. Acesso em 01 MAIO 2018.

BORLIDO, David José Araújo. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. 2017. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Portugal. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>. Acesso em 01 JUN 2018.

CASTRO, N. **Apostila de irrigação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

CAVALCANTE, M. M.; SILVA, J. L. S.; CAMILO, R. S.; GALINDO, A. L; e VIANA, E. C. **Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35**. XIV Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE). Feira de Santana, BA. 2014.

COELHO, José Pimentel Castro; SILVA, José Rafael Marques da. **Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola. Agricultura de Precisão**. 2009. Associação dos Jovens Produtores de Portugal – AJAP. Disponível em: <http://agrinov.ajap.pt/images/manuais/Manual_Agricultura_de_Precisao.pdf> . Acesso em 29 MAIO 2018

CUNHA, K. C. B.; ROCHA, R. V. **Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino**. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, v. 1, n. 2, p. 62-74, 2015.

DESHMUKH, A.V. **Microcontrollers - Theory and applications**. Noida, UP, Índia: Tata McGraw Hill, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira**. Brasília, DF : Embrapa, 2014.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agricultura de Precisão**. 2015. Disponível em <https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/o-que-e-agricultura-de-precisao>. Acesso em 28 Maio 2018.

ITU. International Telecommunication Union. **Internet Reports 2005: The Internet of Things**. 2005. Disponível em <http://www.itu.int>. Acessado em 03 Jan. 2018.

KLAR, A. E; VILLA NOVA, N. A.; MARCOS, Z. Z.; CERVÉLLINI, A. **Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens**. Anais da ESALQ, Piracicaba, v. 23, [s.n], p. 15 -30, 1966.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A; CRISTOFIDIS, D. O uso da Irrigação no Brasil. In: **O Estado das Águas no Brasil**. (Orgs). FREITAS, M. A V. [s.l]. 1999.

MALACCO, Felipe da Silveira; RICCI, Claudia Sapag. **Surgimento das Primeiras Civilizações: a Água como Elemento Catalisador da Humanidade**. In: XIV UFMG JOVEM: ANO INTERNACIONAL DA COOPERAÇÃO PELA ÁGUA, 2013. Disponível em: <<https://dspaceprod02.grude.ufmg.br/dspace/handle/RDUFMG/901?show=full>>. Acesso em: 16 Nov. 2017.

MARQUELLI, W. A; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1998. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalias/busca-de-publicacoes/-/publicacao/761651/selecao-de-sistemas-de-irrigacao-para-hortalias>> Acesso em: 16 Nov. 2017.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. **Tecnologias da informação e comunicação – o papel na agricultura**. Agroanalysis,[s.l], v. 35, n. 9, 2015.

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MENDES, C. I. C.; BUAINAIN, A. M.; FASIABEN, M. C. R. **Heterogeneidade da agricultura brasileira no acesso às tecnologias da informação**. Espacios,[s.l], v. 35, n. 11, 2014.

NETO, José Aprígio Carneiro et al. **UM MAPEAMENTO TECNOLÓGICO SOBRE INTERNET DAS COISAS: UMA VISÃO COM BASE NAS PATENTES, 2015**. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Wanderson_Dias/publication/320840188_Um_Mapeamento_Tecnologico_sobre_Internet_das_Coisas_Uma_Visao_com_Base_nas_Patentes/links/59fcd8cd0f7e9b9968bf24c6/Um-Mapeamento-Tecnologico-sobre-Internet-das-Coisas-Uma-Visao-com-Base-nas-Patentes.pdf>. Acesso em: 27 Dez. 2017.

STEINHAUSER, Rafael; LOES, João. **O que é a internet das coisas e como ela mudará suas vidas, 2015**. Disponível em: <<http://tecnologia.terra.com.br/o-que-e-ainternet-das-coisas-e-como-ela-mudara-a-suavida,3e61c3b90c8ca410VgnVCM3000009af154d0RCRD.html%3E>>. Acesso em: 25 Fev. 2017.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações**. 1. ed. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP, 2017.

WEISZFLOG, W. **Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. 1 ed. São Paulo: Melhoramentos, 2004.

WILSON, Andrew. **Hydraulic Engineering and Water Supply. Handbook of Engineering and Technology in the Classical World**. New York: Oxford University Press, 2008

ZARPELON, M. C.; KOLCENTI, C.; BALESTRIN, D.; TORTELLI, L.; BLAZSZACK, V.; GUEDES, A. L.; **Tecnologias digitais: promovendo o desenvolvimento sustentável para o jovem do campo**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 64-70, 2015.

“O conteúdo expresso no trabalho é de inteira responsabilidade do(s) autor(es).”