



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 18, n. 7, art. 13, p. 199-216, jul. 2021

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

http://dx.doi.org/10.12819/2021.18.7.13

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



O Uso do Arduino para Controlar um Sistema de Irrigação Baseado em Lógica E τ

The Use of Arduino to Control a Logic-Based Irrigation System E τ

Jonatas Santos de Souza

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista

E-mail: jonatas1516@gmail.com

Jair Minoro Abe

Doutor em Filosofia pela Universidade de São Paulo

Professor da Universidade Paulista

E-mail: jairabe@uol.com.br

Nilson Amado de Souza

Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista

E-mail: nilson.amado@gmail.com

Luiz Antônio de Lima

Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista

Professor da Universidade Paulista

E-mail: luizlima@unip.br

Angel Antônio Gonzalez Martinez

Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista

Professor da Universidade Paulista

E-mail: aagmartinez@gmail.com

Flávio Amadeu Bernardini

Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista

Professor do SENAI

E-mail: flavioamabernar@gmail.com

Vagner Pereira de Souza

Tecnólogo em Logística pela Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

E-mail: vps.vagner39@gmail.com

Liliam Sayuri Sakamoto

Doutoranda em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista

E-mail: liliam.sakamoto@gmail.com

Endereço: Jonatas Santos de Souza

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Endereço: Jair Minoro Abe

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Endereço: Nilson Amado de Souza

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Endereço: Luiz Antônio de Lima

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Endereço: Angel Antônio Gonzalez Martinez

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Endereço: Flávio Amadeu Bernardini

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Endereço: Vagner Pereira de Souza

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Endereço: Liliam Sayuri Sakamoto

Av. Paulista, 900 - Bela Vista, São Paulo - SP, 01310-100. Brasil.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues

Artigo recebido em 14/06/2021. Última versão recebida em 27/06/2021. Aprovado em 28/06/2021.

Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

A introdução de tecnologias disruptivas na agricultura para facilitar o manejo e aumentar a produtividade das culturas recebe o nome de “Agricultura de Precisão”. Este trabalho procurou desenvolver um protótipo que utilize a plataforma *Open-Source* Arduino interligado a um sensor de umidade de solo, utilizando o auxílio da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ (Lógica $E\tau$), para tomada de decisão sobre o sistema de irrigação. A metodologia usada foi a *Design Science Research*, que permitiu contribuir com novos conhecimentos para construção e materialização do projeto. Como resultado geraram-se artefatos que corroboraram para criação de um protótipo que atendeu os objetivos desses trabalhos e foi possível apresentar uma alternativa com um sistema de baixo custo, de fácil aprendizagem, acessível para pequenos produtores, com baixo consumo de energia e que ajuda no uso consciente da água. A proposta deste trabalho foi de pesquisar e compreender os conceitos de Sistema de Irrigação, Plataforma Arduino e o uso de sensores para o monitoramento de uma Horta Caseira utilizando a Lógica $E\tau$ como apoio na tomada de decisão no sistema de irrigação.

Palavras chaves: Arduino. Sistema de Irrigação. Lógica $E\tau$. Horta Inteligente. Agricultura de Precisão.

ABSTRACT

The introduction of disruptive technologies in agriculture to facilitate the management and increase crop productivity is called "Precision Agriculture". This work sought to develop a prototype that uses the Open-Source Arduino platform interconnected to a soil moisture sensor, using the aid of the Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$ (Logic $E\tau$), for decision-making on the irrigation system. The methodology used was Design Science Research, which allowed contributing with new knowledge for the construction and materialization of the project. As a result, artifacts were generated that corroborated the creation of a prototype that met the objectives of this work and it was possible to present an alternative with a low-cost system, easy to learn, accessible to small producers, with low energy consumption, and that helps in the conscious use of water. The proposal of this work was to research and understand the concepts of Irrigation System, Arduino Platform and the use of sensors for monitoring a Home Vegetable Garden using Logic $E\tau$ as a support for decision-making in the irrigation system.

Keywords: Arduino. Irrigation System. Logic $E\tau$. Smart Garden. Precision Agriculture.

1 INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia de informação está cada vez mais presente no setor agrícola; atualmente são realizados estudos visando facilitar o manejo e aumentar a produtividade dos cultivos. O termo utilizado para denominar o fenômeno da implementação tecnológica no campo é conhecido como “Agricultura de Precisão” (MAPA, 2013).

Dentro da agricultura existem vários fatores que ajudam no desenvolvimento do plantio, um deles é o sistema de irrigação. Segundo CARVALHO (2010), o processo de irrigação se define na aplicação artificial de água ao solo, em quantidades adequadas, visando proporcionar a umidade necessária ao desenvolvimento das plantas nele cultivadas, a fim de suprir a falta ou a má distribuição das chuvas.

A irrigação não deve ser considerada apenas como a captação, condução e o fornecimento de água. O uso adequado da irrigação requer o conhecimento das relações que existem entre os seguintes temas: o solo, a água, a planta e o clima (FERRAREZI; TESTEZLAF, 2016) (BERNARDO *et al.*, 2019).

A irrigação moderna está bastante avançada e possui diversos tipos de automação, entretanto, o pequeno agricultor nem sempre tem total acesso a essas tecnologias, seja por problemas financeiros ou por falta de conhecimento (GUIMARÃES, 2011).

Com o constante aumento populacional ocorrido no Brasil, principalmente a partir da década de 1960, intensificando-se nas últimas décadas, o país ocupa hoje a quinta posição dos países mais populosos do planeta, ficando atrás apenas da China, Índia, Estados Unidos e Indonésia. De acordo com site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 08 de abril, a população brasileira passou da marca de 212.925.930 habitantes (IBGE, 2021) e essa marca vem sendo atualizada em um tempo médio de 20 segundos. Devido a esse aumento da população, as regiões urbanas aumentam de perímetro e reduzem os espaços para o plantio, e como consequências provoca-se o aumento do consumo de água, energia e alimento, sendo necessário repensar uma nova estrutura para uso de espaço urbano ou doméstico no que tange ao plantio.

Com esse crescimento populacional, muitas pessoas estão tomando como alternativa o plantio em casa para produção de ervas, hortaliças e outros alimentos de fácil produção em pequenos espaços.

A Lógica Paraconsistente, inclui-se entre as chamadas Lógicas Não-Clássicas, por derrogar alguns dos princípios fundamentais da Lógica clássica (GAMUT, 1991), como o

princípio da contradição (HAMILTON, 1978), segundo a Lógica Paraconsistente, uma sentença e a sua negação podem ser ambas verdadeiras.

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} – Lógica E_{τ} (ABE, 2015), é uma classe da Lógica Paraconsistente, que auxiliará na tomada de decisão da irrigação na horta caseira, optou-se pela utilização de Lógica E_{τ} para resolver questões referentes ao estado do solo, por exemplo, ele está meio seco ou meio molhado? Como o sistema de irrigação deve agir nesse caso? Para resolver essas e outras questões que possam surgir, utilizam-se os conceitos da Lógica Paraconsistente.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem de hardware livre (ARDUINO UNO REV3, 2020) e de placa única com um microcontrolador (SoC - *System-on-a-chip* ou sistema-em-um-chip), com suporte entrada e saída embutido e uma linguagem de programação específica, tem como objetivo ajudar a criar protótipos de fácil acesso, de baixo custo e de fácil utilização para profissionais e principiantes que não tenham acesso a microcontroladores mais sofisticados (ARDUINO, 2018).

O trabalho é composto por seções, na Seção 2 apresenta o Referencial Teórico sobre os conceitos da Plataforma *Open-Source* Arduino, Sistema de Irrigação e Lógica E_{τ} , na Seção 3 descreve sobre a Metodologia usada no trabalho, na Seção 4 traz os Resultados obtidos no trabalho, na Seção 5 traz a Conclusão obtida na realização do trabalho.

A proposta desse trabalho é sugerir um modelo de sistema de irrigação que possa ser controlado e automatizado, que permita monitorar entradas e controlar as saídas com auxílio da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} com a utilização da Plataforma *Open-Source* Arduino, visando à economia e ao controle de água, sistema de baixo custo e produção do próprio alimento em um espaço para o plantio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, apresentam-se os conceitos que são utilizados no desenvolvimento da pesquisa, que contribuem na compreensão do funcionamento do sistema de irrigação dos conceitos da Lógica E_{τ} e da plataforma Arduino.

2.1 Sistema de Irrigação

Segundo o Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais (ORMOND, 2006), define-se que um sistema de irrigação é prática que

consiste em fornecer água ao solo de forma artificial e controlada visando deixá-lo apto para o cultivo agrícola.

O desenvolvimento de várias civilizações antigas pode ser traçado através do sucesso da irrigação. A irrigação antiga teve como consequência dois grandes impactos: suprimento de alimento e aumento de população (MAZOYER; ROUDART, 2009).

Na Agricultura Moderna, surgiu com o advento da Revolução Industrial ocorrido no final do século XVIII, quando ocorreu a subsunção do trabalho manual por maquinário a vapor. Por causa desta substituição, ocorreu aumento na produção dos produtos agrícolas, porém, a demanda não seguiu o mesmo ritmo, houve uma diminuição no trabalho manual.

A população que trabalhava na agricultura saiu do meio rural e foi para a capital em busca de emprego, dando origem ao fenômeno chamado Êxodo Rural, isso causou o aumento de consumo de água.

2.1.1 Métodos de Irrigação e Sistemas

O termo método pode ser definido como a maneira de agir, ou o modo de fazer as coisas (TESTEZLAF, 2017), e o termo sistema é o conjunto composto de objetos, partes ou elementos que interagem para desempenhar determinada função (ORMOND, 2006).

Conforme o tempo foi passando, novos tipos de sistemas de irrigação foram surgindo na era moderna, pode-se definir quatro métodos principais de irrigação; Superfície, Aspersão, Localizada e Subsuperfície (TESTEZLAF, 2017).

2.1.2 Irrigação Localizada

Esse método de irrigação tem como característica a distribuição localizada da água, ou seja, a água aplicada em pequenos volumes com alta frequência próxima à planta. Diferente dos outros métodos citados, cada planta tem distribuição individual.

Sistemas de irrigação Localizada por Gotejamento: aplicação da água é realizada por um gotejador que solta a água em forma de gota em volta da planta (Figura 1).

Figura 1 – Sistemas de irrigação Localizada por Gotejamento

Fonte: (BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS, 2019)

O Sistema de irrigação Localizada por Gotejamento foi escolhido porque permite que a planta absorva melhor os nutrientes da água e tem um controle maior para uso consciente da água, facilidade no manejo, menor tempo gasto em operações e tem menor perda de água por evaporação pelo solo (TESTEZLAF, 2017).

2.2 Lógica Paraconsistente

A Lógica Paraconsistente faz parte do grupo chamado de Lógicas Não-Clássicas (ABE, 2015) (ABE, 2016), que permite analisar informações com dados incompletos, completos, falsos, verdadeiros e inconsistentes que influenciam na tomada de decisão.

Em meados de 1950, o polonês S. Jaśkowski e o matemático lógico N. C. A. da Costa apresentaram contradições nos pilares da Lógica Aristotélica e são considerados os fundadores da Lógica Paraconsistente.

A Lógica Paraconsistente permite ter disposições adversas aos princípios da Lógica Aristotélica, por exemplo, uma proposição pode ser verdadeira e falsa ao mesmo tempo, segundo a Lógica Paraconsistente (COSTA et al, 1999).

Com o auxílio da Lógica Paraconsistente, pode-se tratar informações inconsistentes, mas não triviais (SILVA FILHO, TORRES & ABE, 2010), que aparentemente não têm soluções para uma tomada de decisão.

A Lógica Paraconsistente apresenta alternativas a proposições, cuja conclusão pode ter valores além de verdadeiro e falso, tais como Inconsistente e Paracompleto. Por exemplo,

considere a afirmação "o homem é cego, mas vê". Segundo a Lógica Clássica, o indivíduo que vê, um "não-cego", não pode ser cego; já na Lógica Paraconsistente, ele pode ser cego para ver algumas coisas, e não-cego para ver outras coisas.

2.2.1 Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E τ

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E τ – Lógica E τ , é uma classe de Lógica Paraconsistente que possui na sua linguagem proposições do tipo p (μ, λ), onde μ (μ) representa o indicador de grau de evidência favorável e λ (λ) representa o grau de evidência contrária, e estão limitados a valores reais entre 0 e 1 (ABE, 1992) (NAKAMATSU; ABE, 2009) (ABE; AKAMA; NAKAMATSU, 2015) (AKAMA, 2016).

Para efetuar as operações com o uso da Lógica E τ para tomada de decisão, faz-se necessário aplicar a técnica de maximização para encontrar o grau favorável resultante (μ_R) e a técnica de minimização para encontrar o grau de evidência contrária resultante (λ_R) (ABE; AKAMA; NAKAMATSU, 2015) (LIMA *et al.*, 2019). A maximização obtém o maior valor entre os graus de evidência favorável, e a minimização obtém o menor valor entre os graus de evidência contrária.

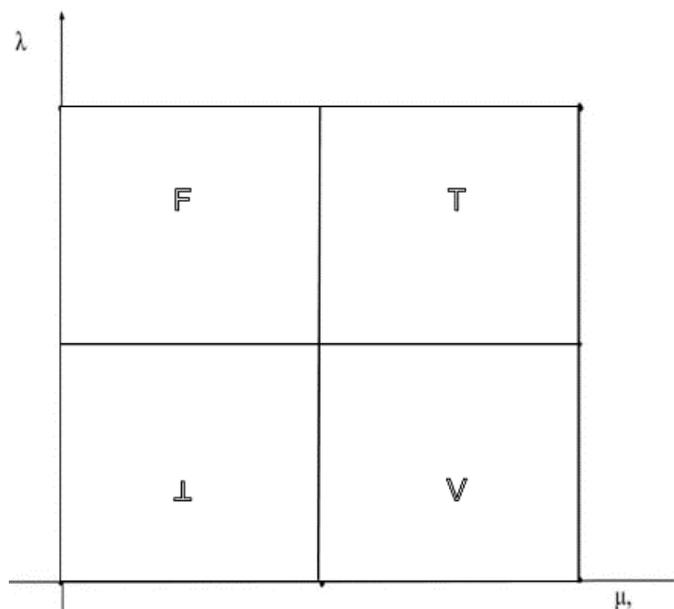
Após obter os valores de μ e λ , utilizam-se fórmulas para obter os valores do Grau de Certeza (G_{cer}) e o Grau de Incerteza (G_{inc}).

$$G_{cer}(\mu, \lambda) = \mu - \lambda \quad (1)$$

$$G_{inc}(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1 \quad (2)$$

Após a obtenção do Grau de Certeza e do Grau de Incerteza, foi desenvolvido o Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (COSTA *et al.*, 1999), conhecido como reticulado (τ) (ABE; AKAMA; NAKAMATSU, 2015), que ilustra uma representação dos estados lógicos resultante (Figura 2).

Figura 2. Ilustração do reticulado (τ)



Fonte: (ABE, AKAMA & NAKAMATSU, 2015)

Na Tabela 1, descreve o significado dos símbolos dos estados lógicos que estão do reticulado (τ) visto na Figura 2.

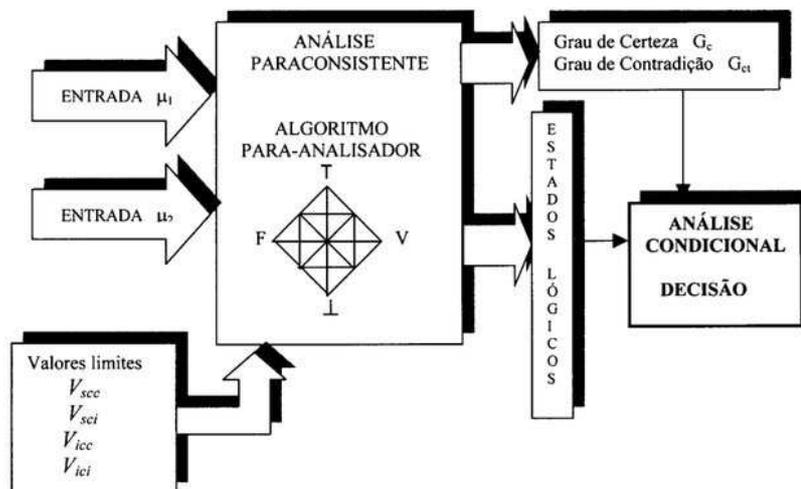
Tabela 1 – Estados Lógicos Resultante

Estados Resultantes	Símbolos
Verdadeiro	T
Falso	F
Inconsistente	T
Paracompleto	⊥

Fonte: (ABE, AKAMA; NAKAMATSU, 2015)

2.2.2 Algoritmo Para-Analisador

O Algoritmo Para-Analisador é um conjunto de instruções que permite analisar as proposições para obter um estado resultante (Figura 3). Com o Algoritmo Para-Analisador houve a possibilidade de desenvolver estudos na Robótica (TORRES; REIS, 2015), Redes Neurais (SOUZA; ABE, 2015) e Saúde (ABE; SILVA LOPES; ANGHINAH, 2015).

Figura 3 – Representação do Algoritmo Para-Analisador

Fonte: (SILVA FILHO, ABE, LAMBERT-TORRES, 2008)

2.3 Arduino

O Arduino é uma plataforma para prototipagem de projetos eletrônicos com suporte de entrada e saída utilizando um microcontrolador Atmel AVR em uma única placa (Figura 4) (ARDUINO UNO REV3, 2020).

O projeto do Arduino foi criado por Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis, em 2005 (CALVO; ALEJOS, 2010) (GEDDES, 2016) em Ivrea, Itália, com objetivo de criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por principiantes e profissionais, ou para pequenos produtores que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e ferramentas mais complicadas (CALVO; ALEJOS, 2010).

Figura 4. Arduino Uno Rev3

Fonte: (ARDUINO UNO REV3, 2020)

O Arduino é uma plataforma Open-Source que é dividida em duas partes, o hardware e o software. O *Hardware*, placa Arduino, é um *hardware* livre, que permite conectar sensores a ela para monitorar os dados recebidas e controlar a saída através de uma ou mais ações.

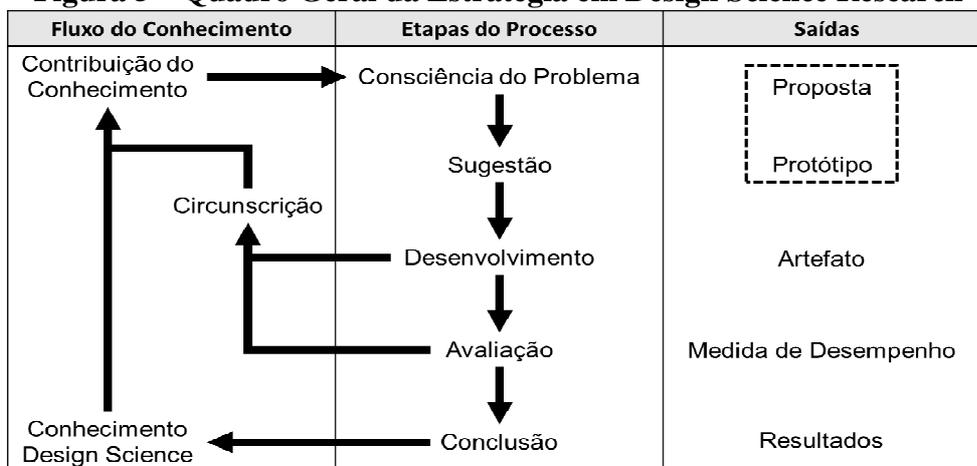
O termo *Open-Source* é usado quando o desenvolvedor disponibiliza informações sobre o projeto, no software é disponibilizado o código fonte do programa (OPEN-SOURCE INITIATIVE, 2007) para fazer alterações no código, como atualização, remoção de bugs, otimização e personalização do layout da interface de desenvolvimento ou do usuário (ANDROUTSELLIS-THEOTOKIS *et al.*, 2010) (STALLMAN, 2020).

O Arduino está sendo utilizado em diversas áreas tais como na robótica (DI TORE *et al.*, 2019), no Meio Ambiente (ALI *et al.*, 2016) (LOCKRIDGE *et al.*, 2016), no Transporte Público (RODRIGUES; SHIMOISHI, 2015), na Educação (LOPEZ-ITURRI *et al.*, 2018) entre outras áreas do conhecimento.

3 METODOLOGIA

Como metodologia principal utiliza-se o conceito do modelo de processo em *Design Science Research* apresentado por VAISHNAVI; KUECHLER; PETTER, (2019), que permite contribuir com novos conhecimentos para construção de artefatos que possibilitam a materialização de projetos, para criação dos artefatos seguiram-se as 5 etapas do Processo de utilização do conhecimento (Figura 5), são elas: Consciência do Problema, Sugestão, Desenvolvimento, Avaliação e Conclusão.

Figura 5 – Quadro Geral da Estratégia em Design Science Research



Fonte: (VAISHNAVI, KUECHLER & PETTER, 2019)

As 5 etapas do processo de desenvolvimento do projeto já foram em outros projetos elaborados (DE SOUZA et al., 2021), e demonstraram de forma eficiente a sua eficácia para o desenvolvimento do protótipo.

Outra metodologia usada neste trabalho atende um dos aspectos sobre Pesquisa Exploratória (TOZONI-REIS, 2009), no qual o objetivo é familiarizar-se com assunto, sendo que o pesquisador buscou tutoriais e apostilas sobre Arduino, para poder propor um protótipo de baixo custo, acessível e de fácil aprendizado, o qual ajudará na economia de água, luz e produção de alimento em uma escala pequena.

Os projetos baseados em Arduino exigem pouca ou nenhuma habilidade de programação ou conhecimento de teoria da eletrônica e, na maioria das vezes, essa praticidade é simplesmente adquirida ao longo do caminho. E já existem documentações e tutorias disponíveis gratuitamente na internet, assim facilitando o aprendizado.

A plataforma Arduino está relacionada ao conceito de aprendizado experimental (FELICIA, 2011), o qual defende que para que haja integração, realidade e aprendizagem, são necessárias cinco condições básicas (BEARD, 2010), são elas: aprendizagem pela prática, reconstrução consciente da experiência vivenciada, aprendizagem por associação, aprendizagem diversificada e aprendizagem integrada à vida e à nossa realidade. E por sua vez corrobora com o termo *DIY* (PENZENSTADLER et al., 2018), do inglês *do it yourself* ou faça-você-mesmo, é usado para se referir ao método de construção, modificação e reparação de coisas (GELBER, 1997) sem ajuda direta de profissionais especializados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na etapa de Sugestão (Figura 6) utilizando os conceitos de *Design Thinking* (WENZEL; MEINEL, 2020), gerados a partir dos estudos em torno dos conceitos abordados por DE SOUZA et al., (2021) e que fazem parte do processo para atender o objetivo principal.

Figura 6. Design do Modelo Proposto

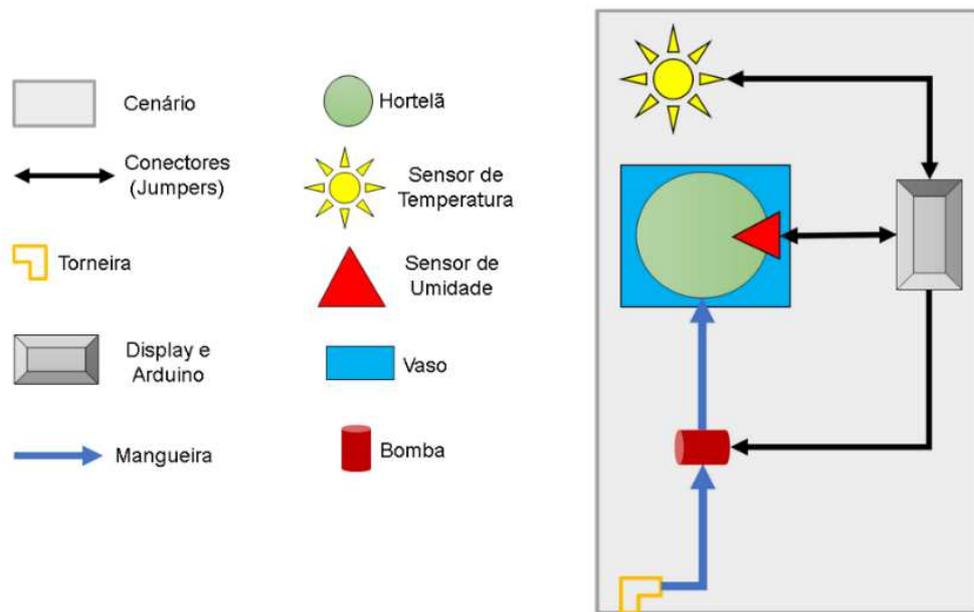
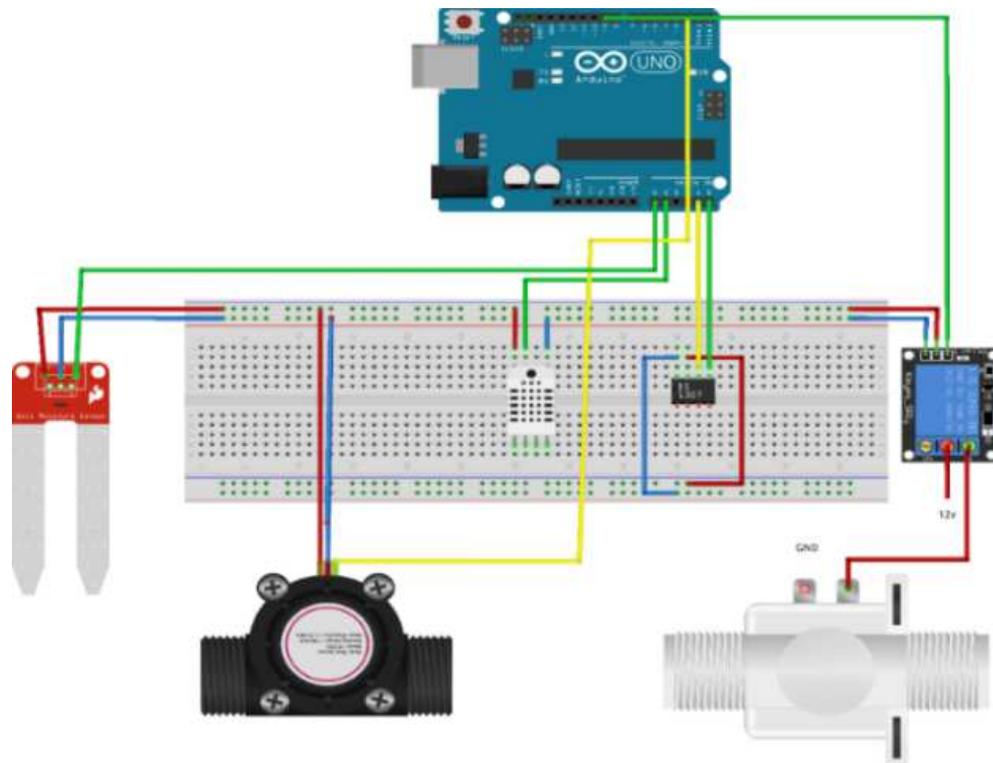


Figura 6. Design do Modelo Proposto

Na etapa de Desenvolvimento (Figura 6) utilizou-se o Programa *Open-Source* Fritzing (FRITZING, 2019) para fazer o Esquema dos Componentes do Protótipo (Figura. 7), assim mostrando os componentes que estão sendo utilizados e, assim, auxiliando na realização de teste de funcionalidade.

Figura 7 – Esquema dos Componentes do Protótipo

Para teste de funcionalidade do sistema de irrigação foi realizado teste utilizando a erva hortelã, por ser utilizada como erva medicinal, usada para fazer chá e exigir um cuidado com a quantidade de água, a hortelã pode ser plantada em qualquer período do ano, sendo resistente ao frio e ao calor desde que o solo esteja na umidade adequada.

Em relação ao consumo de energia do Projeto, basta fazer o cálculo da seguinte maneira, o valor da tensão de operação do Arduino (5V) vezes a corrente máxima de operação em Amperes ($50\text{mA} + 40\text{mA} = 90\text{mA}$, ou seja, 0,09 Amperes), que igual à potência (4,5 Watts, podendo atingir 5 Watts), após esse cálculo basta multiplicar pelo tempo de utilização em segundos.

O valor total deste projeto foi de R\$ 291,30, esse é valor inicial para aquisição das ferramentas, mas a partir do momento que se tem alguns dos equipamentos, ficará apenas o custo de manutenção por peça.

Os resultados iniciais de teste foram obtidos (Figura 8), mostrando a viabilidade do sistema proposto, que pode fornecer resultados múltiplos e adaptativos.

Figura 8 – Tela de logs com status da Horta



5 CONCLUSÃO

Com uso do Arduino pode-se obter um ganho na economia de energia e custo dos equipamentos. O diferencial deste trabalho está no uso da Lógica ET no auxílio na tomada de decisão do sistema de irrigação, e possibilitando a duplicação do protótipo em outro cenário. O Arduino possibilita desenvolver diversos sistemas nas mais diversas áreas de estudos.

O uso do Arduino como receptor dos dados lidos pelos sensores e controlador junto com Algoritmo Para-Analisador como processador das informações e auxiliador na tomada de decisão sobre a irrigação por Gotejamento, mostrou-se satisfatório no custo (aquisição e manutenção), consumo de energia e no controle do sistema hídrico.

O objetivo do protótipo foi minimizar o uso de água de um sistema de irrigação no cultivo do seu próprio alimento. O protótipo foi construído utilizando peças de baixo custo, tornando-o acessível a qualquer pessoa. Não há diretrizes rígidas de construção, a sua expansão requer um esforço, pois o hardware é projetado para escalar facilmente referente a adição de mais sensores.

Após a realização desse trabalho e cumprimento dos propósitos, percebeu-se a importância e a possibilidade do uso do protótipo proposto baseado em Lógica Paraconsistente na gestão de recursos hídricos e no uso eficiente da água, por meio de ferramentas de baixo custo e acessíveis para pequenos produtores. A contribuição desta pesquisa é a implementação de um projeto multidisciplinar que conecte a tecnologia da informação com a agricultura.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Processo N. 23038.013648/2018-51.

REFERÊNCIAS

- ABE, J. M. (1992). Fundamentos da lógica anotada [Doutorado, Universidade de São Paulo]. http://dedalus.usp.br/F/?func=direct&doc_number=000736471
- ABE, J. M. (Org.). (2015). Paraconsistent Intelligent-Based Systems: New Trends in the Applications of Paraconsistency (Vol. 94). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19722-7>
- ABE, J. M. (Org.). (2016). Tópicos de Sistemas Inteligentes Baseados em Lógicas Não Clássicas. Instituto de Estudos Avançados. <http://www.iea.usp.br/publicacoes/ebooks/topicos-de-sistemas-inteligentes-baseados-em-logicas-nao-classicas>
- ABE, J. M., AKAMA, S., & NAKAMATSU, K. (2015). Introduction to Annotated Logics (Vol. 88). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17912-4>
- ABE, J. M., DA SILVA LOPES, H. F., & ANGHINAH, R. (2015). Paraconsistent Neurocomputing and Biological Signals Analysis. In J. M. Abe (Org.), Paraconsistent Intelligent-Based Systems (Vol. 94, p. 273–306). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19722-7_11
- AKAMA, S. (Org.). (2016). Towards Paraconsistent Engineering (Vol. 110). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40418-9>
- ALI, A. S., ZANZINGER, Z., DEBOSE, D., & STEPHENS, B. (2016). Open-Source Building Science Sensors (OSBSS): A low-cost Arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection. *Building and Environment*, 100, 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.02.010>
- ANDROUTSELLIS-THEOTOKIS, S., SPINELLIS, D., KECHAGIA, M., & GOUSIOS, G. (2010). Open-Source Software: A Survey from 10,000 Feet. *Foundations and Trends® in Technology, Information and Operations Management*, 4(3–4), 187–347. <https://doi.org/10.1561/02000000026>
- ARDUINO UNO REV3. (2020). Arduino Official Store. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- ARDUINO. (2018). [Arduino]. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- BEARD, C. (2010). *The experiential learning toolkit: Blending practice with concepts*. Kogan Page.
- BERNARDO, S., MANTOVANI, E. C., SILVA, D. D. DA, & SOARES, A. A. (2019). *Manual de Irrigação (9ª ed.)*. Editora UFV.

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. (2019). Irrigação, uma prática que aumenta a produtividade no campo. Boas Práticas Agronômicas. <https://boaspraticasagronicas.com.br/boas-praticas/irrigacao/>

CALVO, R; ALEJOS, R. (2010). Arduino: The Documentary [Documentary]. LABoral Centro de Arte y Creación Industrial. <https://vimeo.com/18539129>

CARVALHO, D. F. (2010). ENGENHARIA DE ÁGUA E SOLO. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro.

COSTA, N. C. A *et al.* (1999). Logica Paraconsistente Aplicada. ATLAS.

DE SOUZA, J. S *et al.* (2021). A Purpose of a Smart Vegetable Garden Model Based on Paraconsistent Annotated Evidential Logic $\mathcal{E}\tau$. In K. Nakamatsu, R. Kountchev, A. Aharari, N. El-Bendary, & B. Hu (Orgs.), *New Developments of IT, IoT and ICT Applied to Agriculture* (Vol. 183, p. 11–18). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5073-7_2

DI TORE, S., TODINO, M; SIBILIO, M. (2019). Disuffo: Design, prototyping and development of an open-source educational robot. *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, Vol. 19 No. 1, 106-116 Pages. <https://doi.org/10.13128/FORMARE-24446>

FELICIA, P. (Org.). (2011). *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary approaches*. Information Science Reference.

FERRAREZI, R. S; TESTEZLAF, R. (2016). Performance of wick irrigation system using self-compensating troughs with substrates for lettuce production. *Journal of Plant Nutrition*, 39(1), 147–161. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.983127>

FRITZING. (2019). Fritzing. <http://fritzing.org/>

GAMUT, L. T. F. (1991). *Logic, language, and meaning*. University of Chicago Press.

GEDDES, M. (2016). *Arduino project handbook*. No Starch Press.

GELBER, S. M. (1997). Do-It-Yourself: Constructing, Repairing and Maintaining Domestic Masculinity. *American Quarterly*, 49(1), 66–112. <https://doi.org/10.1353/aq.1997.0007>

GUIMARÃES, V. G. (2011). *Automação e monitoramento remoto de sistemas de irrigação visando agricultura familiar* [Universidade de Brasília]. <https://bdm.unb.br/handle/10483/15621>

HAMILTON, A. G. (1978). *Logic for mathematicians*. Cambridge University Press.

IBGE (2021). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Projeção da população - 2021*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

LIMA, L. A *et al.* (2019). The Productivity Gains Achieved in Applicability of The Prototype AITOD with Paraconsistent Logic in Support in Decision-Making in Project Remeasurement. *Procedia Computer Science*, 154, 347–353. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.06.050>

LOCKRIDGE, G., DZWONKOWSKI, B., NELSON, R; POWERS, S. (2016). Development of a Low-Cost Arduino-Based Sonde for Coastal Applications. *Sensors*, 16(4), 528. <https://doi.org/10.3390/s16040528>

LOPEZ-ITURRI, P *et al.* (2018). Integration of Autonomous Wireless Sensor Networks in Academic School Gardens. *Sensors*, 18(11), 3621. <https://doi.org/10.3390/s18113621>

MAPA (2013). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura de precisão / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS, 2013. 36 p. Brasil. ISBN 978-85-99851-90-6.

MAZOYER, M; ROUDART, L. (2009). História das agriculturas no mundo: Do neolítico à crise contemporânea. Ed. UNESP: NEAD.

NAKAMATSU, K; ABE, J. M. (2009). The Development of Paraconsistent Annotated Logic programs. *International Journal of Reasoning-Based Intelligent Systems*, 1(1/2), 92. <https://doi.org/10.1504/IJRIS.2009.026721>

OPEN-SOURCE INITIATIVE. (2007). The Open-Source Definition (Annotated). Open-Source Initiative. <https://opensource.org/docs/definition.php>

ORMOND, J. G. P. (Comp.). (2006). Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais. BNDES.

PENZENSTADLER, B., PLOJO, J., SANCHEZ, M., MARIN, R., TRAN, L., & KHAKUREL, J. (2018). The affordable DIY resilient smart garden kit. *Proceedings of the 2018 Workshop on Computing within Limits*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3232617.3232619>

RODRIGUES, S. G; SHIMOISHI, J. M. (2015). Aplicação do Método Paraconsistente de Decisão na Seleção de Tecnologias de Transporte Público Urbano. *Journal of Transport Literature*, 9(3), 20–24. <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v9n3a4>

SILVA FILHO, J. I., TORRES, G. L; ABE, J. M. (2010). Uncertainty treatment using paraconsistent logic: Introducing paraconsistent artificial neural networks. IOS Press.

SOUZA, S; ABE, J. M. (2015). Paraconsistent Artificial Neural Networks and Aspects of Pattern Recognition. In J. M. Abe (Org.), *Paraconsistent Intelligent-Based Systems* (Vol. 94, p. 207–231). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19722-7_9

STALLMAN, R. (2020). Why Open Source misses the point of Free Software. <https://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.en.html>

TESTEZLAF, R. (2017). Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações. Unicamp/FEAGRI.

TORRES, C. R.; REIS, R. (2015). The New Hardware Structure of the Emmy II Robot. In J. M. Abe (Org.), *Paraconsistent Intelligent-Based Systems* (Vol. 94, p. 87–103). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19722-7_4

TOZONI-REIS, M. F. C. (2009). *Metodologia da Pesquisa Científica* (2ª ed.). IESDE Brasil S.A.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W.; PETTER, S. (Eds.). (2019). “Design Science Research in Information Systems”. (created in 2004 and updated until 2015 by Vaishnavi and Kuechler); last updated by Vaishnavi and Petter 2019. Disponível em: <http://www.desrist.org/design-research-in-information-systems/>. Acesso em: 09 abr. 2019

WENZEL, M; MEINEL, C. (2020). Prototyper: A Virtual Remote Prototyping Space. In C. Meinel & L. Leifer (Orgs.), *Design Thinking Research* (p. 171–184). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28960-7_11

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

SOUZA, J. S; ABE, J. M; SOUZA, N. A; LIMA, L. A; MARTINEZ, A. A. G; BERNADINE, F. A; BERNADINE, F. A; SAKAMOTO, L. S. O Uso do Arduino para Controlar um Sistema de Irrigação Baseado em Lógica E. **Rev. FSA**, Teresina, v.18, n. 7, art. 13, p. 199-216, jul. 2021.

Contribuição dos Autores	J. S. Souza	J. M. Abe	N. A. Souza	L. A. Lima	A. A. G. Martinez	F. A. Bernadine	F. A. Bernadine	L. S. Sakamoto
1) concepção e planejamento.	X	X	X	X	X	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	X	X	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X	X	X	X	X