

UNIVERSIDADE PAULISTA

HORTA PARACONSISTENTE: Um Modelo de Sistema de Irrigação
de Horta Caseira Baseado na Lógica Paraconsistente
Anotada Evidencial $\mathcal{E}\tau$

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

JONATAS SANTOS DE SOUZA

SÃO PAULO

2021

UNIVERSIDADE PAULISTA**HORTA PARACONSISTENTE: Um Modelo de Sistema de Irrigação
de Horta Caseira Baseado na Lógica Paraconsistente
Anotada Evidencial $\mathcal{E}\tau$**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Jair Minoru Abe

Área de Concentração: Gestão de Sistemas de Operação.

Linha de pesquisa: Métodos Quantitativos em Engenharia de Produção

Projeto de Pesquisa: Processos Decisórios Baseados em Lógicas Não-Clássicas

JONATAS SANTOS DE SOUZA

SÃO PAULO

2021

Souza, Jonatas Santos de,

Horta Paraconsistente: Um Modelo de Sistema de Irrigação de Horta Caseira Baseado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ / Jonatas Santos de Souza - 2021.

108 f.: il. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, São Paulo, 2021.

Área de Concentração: Métodos Quantitativos em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Jair Minoro Abe.

1. Sistema de Irrigação. 2. Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$. 3. Arduino. 4. Sensores. 5. Horta Caseira. I. Abe, Jair Minoro (orientador). II. Título.

JONATAS SANTOS DE SOUZA

**HORTA PARACONSISTENTE: Um Modelo de Sistema de Irrigação
de Horta Caseira Baseado na Lógica Paraconsistente
Anotada Evidencial E τ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jair Minoro Abe
Orientador / Universidade Paulista

Prof. Dr. Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto
Universidade Paulista

Profa. Dra. Cristina Corrêa de Oliveira
Instituto Federal de São Paulo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às seguintes pessoas: meu filho, Davi Procopio de Souza; a sua mãe, Amanda Procopio Sales; meus pais, Nilson Amado de Souza e Cleide Maria Santos de Souza, e a minha família, por ter me acompanhado nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a DEUS, por me permitir alcançar mais um objetivo.

Agradeço, de modo especial, a meus pais, Nilson Amado de Souza e Cleide Maria Santos de Souza, base das minhas conquistas, por acreditarem e terem interesse em minhas escolhas, apoiando-me e esforçando-se junto a mim, para que eu alcance minhas metas.

Agradeço, a Amando Procopio Sales, pela ajuda, paciência e compreensão nos momentos cruciais e críticos para realização desse trabalho.

Agradeço ao orientador, Prof. Dr. Jair Minoro Abe, pelos honrosos e sábios ensinamentos, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto e à Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs, pela imensa dedicação e exemplar gestão do Programa de Pós-Graduação e, principalmente, pela sabedoria e ajuda no desenvolvimento da visão acadêmica.

Agradeço ao Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis, pelas inúmeras conversas que fortaleceram, de forma ímpar, a realização deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Me. Luiz Antônio de Lima, pelas inúmeras conversas que fortaleceram a idealização deste trabalho.

Agradeço à secretária, Sra. Márcia Nunes, pelo eficiente auxílio na parte administrativa, bem como aos demais professores do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Produção da Universidade Paulista.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, entidade à qual agradeço o apoio financeiro.

EPÍGRAFE

Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada.

(Albert Einstein)

RESUMO

A introdução de tecnologias, usadas 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, interligada a um sensor de umidade de solo, com auxílio da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} (Lógica E_{τ}) para tomada de decisão sobre o Sistema de Irrigação. A metodologia usada, a *Design Science Research*, permitiu contribuir com novos conhecimentos sobre a construção e materialização do projeto. Como resultado, foi possível gerar artefatos que corroboraram para criação de um protótipo que atendeu aos objetivos desse trabalho e apresentar, como alternativa, um sistema de baixo custo, fácil aprendizagem, acessível a pequenos produtores, com baixo consumo de energia e que ajuda no uso consciente da água, consonante com a realidade da sociedade brasileira. A proposta deste trabalho foi 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_{τ} , como apoio na tomada de decisão no Sistema de Irrigação.

Palavras chaves: Arduino, Sistema de Irrigação, Lógica E_{τ} , Horta Caseira, Agricultura de Precisão.

ABSTRACT

The introduction of technologies, used 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, with the aid of the Evidential Annotated Paraconsistent Logic E_{τ} (Logic E_{τ}) for decision making on the Irrigation System. The methodology used, Design Science Research, allowed contributing with new knowledge about the construction and materialization of the project. As a result, it was possible to generate artifacts that corroborated the creation of a prototype that met the objectives of this work and present, as an alternative, a low-cost system, easy to learn, accessible to small producers, with low energy consumption, and that helps in the conscious use of water, consistent with the reality of Brazilian society. 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_{τ} , as a support for decision making in the Irrigation System.

Keywords: Arduino, Irrigation System, Logic E_{τ} , Home Gardening, Precision Agriculture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E QUADRO

Figura 1 - Pintura da Câmara Funerária.....	21
Figura 2 - Ilustração sobre canais no Egito Antigo	22
Figura 3 - Esboço ilustrativo de um Shaduf.....	22
Figura 4 - Nora	23
Figura 5 - Tanbour.....	24
Figura 6 - Esboço do aspersor de impacto rotativo	25
Figura 7 - Sistemas de irrigação por inundação	26
Figura 8 - Sistemas de irrigação por sulcos	27
Figura 9 - Sistemas de irrigação por Aspersão Convencional.....	28
Figura 10 - Sistemas de Irrigação por Aspersão Pivô Central.....	28
Figura 11 - Carretel de irrigação e Canhão	29
Figura 12 - Sistemas de Irrigação Localizada por Gotejamento.....	30
Figura 13 - Sistemas de irrigação Localizada por Microaspersão	30
Figura 14 - Sistemas de Irrigação de Subsuperfície por Gotejamento Subterrâneo .	31
Figura 15 - Ilustração de um Sistemas de irrigação de Subsuperfície por Mesas de subirrigação.....	32
Figura 16 - Ilustração de um Sistema Hidropônico.....	32
Figura 17 - Ilustração do reticulado (τ).....	34
Figura 18 - Representação do Algoritmo Para-Analisador	35
Figura 19 - Arduino Uno Rev3.....	36
Figura 20 - PCB do Arduino Uno Rev3	37
Figura 21 - Quadro Geral da Estratégia em <i>Design Science Research</i>	39
Figura 22 - Modelo Compatível com Arduino Uno R3	45
Figura 23 - <i>Protoboard</i>	46
Figura 24 - Conectores <i>Jumpers</i>	46

Figura 25 - Sensor de Fluxo de Água.....	47
Figura 26 - Sensor DHT11	48
Figura 27 - Sensor de Umidade do Solo Higrômetro.....	49
Figura 28 - <i>Display LCD</i> 16x2	50
Figura 29 - Módulo Relé.....	51
Figura 30 - Bomba Submersa Sarlo <i>Better</i> sb 140.....	52
Figura 31 - Kit Engate Rápido para Mangueira de Jardim	53
Figura 32 – <i>Software</i> Fritzing	54
Figura 33 – <i>Software</i> Arduino IDE.....	54
Figura 34 - <i>Design Thinking</i> do Modelo Proposto	56
Figura 35 - Esquema dos Componentes do Protótipo.....	57
Figura 36 - <i>Frame</i> do vídeo de teste	60
Figura 37 - Tela de <i>logs</i> com <i>status</i> da Horta.....	61
Quadro 1 - Métodos de irrigação e seus principais sistemas	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estados Lógicos Resultante.....	35
Tabela 2 - Especificações do Arduino	45
Tabela 3 - Especificações da <i>Protoboard</i>	46
Tabela 4 - Especificações dos <i>Jumpers</i>	47
Tabela 5 - Especificações do Sensor de Fluxo de água	48
Tabela 6 - Especificações do Sensor DHT11.....	49
Tabela 7 - Especificações do Sensor de Umidade do Solo.....	50
Tabela 8 - Especificações <i>Display LCD 16x2</i>	50
Tabela 9 - Especificações do Módulo Relé	51
Tabela 10 - Especificações Bomba Submersa.....	52
Tabela 11 - Custo do Projeto.....	59
Tabela 12 - Custo Reduzido.....	59

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

DIY: *Do It Yourself* / Faça-Você-Mesmo

G_{cer}: Grau de Certeza

G_{inc}: Grau de Incerteza

IDE: *Integrated Development Environment* / Ambiente de Desenvolvimento Integrado

IoT: *Internet of Things* / Internet das Coisas

PCB: *Printed Circuit Board* / Placa de Circuito Impresso

SoC: *System-on-a-Chip* / Sistema-em-um-Chip

LISTA DE SÍMBOLOS

μ : Letra grega Mi, grau de evidência favorável.

λ : Letra grega Lambda, grau de evidência contrária.

τ : Letra grega Tau, reticulado associado à Lógica $E\tau$.

F: Estado Lógico Falso.

T: Estado Lógico Inconsistente.

V: Estado Lógico Verdadeiro.

⊥: Estado Lógico Paracompleto.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Apresentação	16
1.2. Justificativa	18
1.3. Objetivo Geral	18
1.3.1. Objetivos Específicos	18
1.4. Estrutura do Trabalho.....	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1. Sistema de Irrigação	20
2.2. Métodos de Irrigação e Sistemas	25
2.2.1. Irrigação por Superfície	26
2.2.2. Irrigação por Aspersão	27
2.2.3. Irrigação Localizada	29
2.2.4. Irrigação de Subsuperfície.....	31
2.3. Lógica Paraconsistente	33
2.3.1. Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$	33
2.3.2. Algoritmo Para-Analisador.....	35
2.4. Arduino	36
3. METODOLOGIA.....	39
3.1. Etapas do Processo	40
3.1.1. Consciência do Problema.....	40
3.1.2. Sugestão	41
3.1.3. Desenvolvimento	42
3.1.4. Avaliação.....	42
3.1.5. Conclusão	43

4. DESENVOLVIMENTO	44
4.1. Ferramentas	44
4.2. Ambiente de Desenvolvimento	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1. Artigo 1	57
5.2. Artigo 2	58
5.3. Artigo 3	58
5.4. Análise de Custo	58
5.5. Teste	60
5.6. Discussão	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6.1. Sugestões de Trabalhos Futuros	63
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICES.....	75
Apêndice 1	75
Apêndice 2	83
ANEXOS	101
Anexo 1	101

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo destina-se a introduzir os conceitos das tecnologias que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa e de um possível produto: um Sistema de Irrigação de Horta Caseira Baseado em Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$.

1.1. Apresentação

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 “Agricultura de Precisão” (MAPA, 2013).

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

A irrigação não deve ser considerada apenas captação, condução e fornecimento de água. Seu uso adequado requer o conhecimento das relações existentes entre os seguintes temas: solo, água, planta e clima (FERRAREZI & TESTEZLAF, 2016) (BERNARDO et al., 2019).

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

Em razão do constante aumento populacional que ocorreu no Brasil, principalmente a partir de 1960, e que se intensificou nas últimas décadas, o país ocupa hoje a quinta posição entre os 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 de 212.925.930 habitantes (IBGE, 2021), marca que vem sendo atualizada em um tempo médio de 20 segundos. Devido a esse crescimento, as regiões urbanas aumentam de perímetro e reduzem os espaços para o plantio, provocando o aumento do consumo

de água, energia e alimento. É necessário pensar em uma nova estrutura para o uso do espaço urbano ou doméstico, no que tange plantio.

Com o crescimento populacional, muitas pessoas estão adotando a alternativa de plantar ervas e hortaliças em casa, entre outros alimentos de fácil produção em pequenos espaços.

Esse trabalho propõe um modelo de Sistema de Irrigação que seja controlado e automatizado e permita monitorar entradas e controlar as saídas com auxílio da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ com a utilização da Plataforma *Open-Source* Arduino, visando economia e controle de água, sistema de baixo custo e produção do próprio alimento em um espaço para o plantio.

A Lógica Paraconsistente inclui-se nas chamadas Lógicas Não-Clássicas, por derogar alguns 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 $E\tau$ – Lógica $E\tau$ (ABE, 2015) é uma classe da Lógica Paraconsistente que auxilia na tomada de decisão da irrigação na horta caseira. Optou-se pela utilização de Lógica $E\tau$ para resolver questões referentes ao estado do solo, como saber, por exemplo, se ele está meio seco ou meio molhado e como o Sistema de Irrigação deve agir nesse caso. Para resolver essas e outras questões 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), suporte entrada e saída embutido e linguagem de programação específica. Tem por objetivo ajudar a criar protótipos de fácil acesso, baixo custo e fácil utilização para profissionais e principiantes sem acesso a microcontroladores mais sofisticados (ARDUINO, 2018).

1.2. Justificativa

O aumento da população contribui para o aumento do consumo de água, energia e alimento. Por causa desse crescimento, o preço desses serviços essenciais ficaram mais caros. Como alternativa na produção do próprio alimento, alguns indivíduos criam ou desenvolvem sua própria horta em casa, visando economizar na compra dos alimentos.

Na criação de uma horta caseira, é fundamental ter um sistema de irrigação que não disperse água nem consuma muita energia. Portanto, faz-se necessário apresentar uma alternativa de sistema de irrigação de baixo custo e fácil implementação em hortas caseiras (hortas domésticas), que possa ser utilizado em espaço pequeno, dentro de casa, para o plantio.

1.3. Objetivo Geral

Propor um modelo de Sistema de Irrigação de Horta Caseira, utilizando a Lógica $E\tau$ como auxílio na tomada de decisão, com utilização da plataforma de prototipagem eletrônica Open-Source Arduino.

1.3.1. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, definem-se os objetivos específicos para o desenvolvimento do projeto.

- A) Entender o funcionamento de um sistema de irrigação.
- B) Propor um modelo de sistema de irrigação, visando economia de água e um sistema de baixo custo de aquisição e manutenção.
- C) Definir o tipo de irrigação a ser usado no modelo proposto.
- D) Sugerir ferramentas de fácil acesso e rápida aprendizagem para o modelo proposto.
- E) Aplicar a Lógica $E\tau$ para implementar a programação da Plataforma Arduino.

1.4. Estrutura do Trabalho

A dissertação divide-se em capítulos. O primeiro - a Introdução - apresenta brevemente o contexto da inserção da tecnologia da informação na agricultura. Também traz os conceitos que serão abordados e o objetivo geral e específicos deste trabalho.

O segundo capítulo - Referencial Teórico - descreve os conceitos abordados na pesquisa e traz o histórico do sistema de irrigação, bem como a importância de seu uso para o desenvolvimento da humanidade, os métodos de irrigação e seus sistemas. Em seguida, introduz os conceitos da Lógica Paraconsistente e da plataforma para prototipagem, chamada Arduino.

O terceiro – Metodologia - traz os métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa e apresenta as etapas para o processo de criação de um protótipo, como alternativa para solucionar o problema apresentado nesse capítulo.

O quarto – Desenvolvimento - apresenta as ferramentas que foram usadas para o desenvolvimento do protótipo proposto e traz o ambiente em que foi desenvolvido.

O quinto capítulo - Resultados e Discussões - traz os resultados obtidos na execução do protótipo proposto e discussões sobre o desenvolvimento da pesquisa.

O sexto traz as Considerações finais, tecidas após a realização da pesquisa, bem como sugestões de trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os conceitos utilizados no desenvolvimento da pesquisa, que contribuem para o entendimento histórico e o funcionamento do Sistema de Irrigação, assim como para os conceitos da Lógica E τ e da plataforma Arduino.

2.1. Sistema de Irrigação

O glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais (ORMOND, 2006) define um Sistema de Irrigação como a prática de fornecer água ao solo de forma artificial e controlada, a fim de deixá-lo apto para o cultivo agrícola.

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

A agricultura irrigada vem sendo usada desde o início da Idade da Pedra Polida, conhecida como Período Neolítico. Esse recurso foi um fator muito importante para o desenvolvimento de civilizações que viviam nas proximidades de grandes rios como o Nilo, no Egito; o Tigre e o Eufrates, na Mesopotâmia, e o Rio Amarelo, na China. Historicamente, porém, há registros de que a agricultura vem sendo usado desde o Egito Antigo, conforme mostra a pintura da câmara funerária (Figura 1) do artesão egípcio Sennedjem (BAIKIE, 1932).

Figura 1 - Pintura da Câmara Funerária

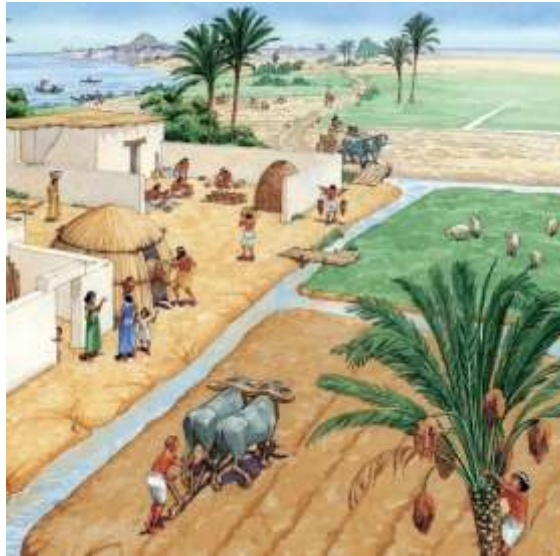


Fonte: (BAIKIE, 1932)

O arroz, o cultivo mais antigo, era feito na China desde 5.700 A.C (MAZOYER & ROUDART, 2009), com a técnica de inundação, que consiste no represamento de água cercados por diques. Na Índia, há indícios da prática da irrigação em 2.500 A.C (MAZOYER & ROUDART, 2009).

Na agricultura antiga, a Mesopotâmia e o Egito utilizavam os sistemas de canais (Figura 2) feitos para captação da água destinada às lavouras, juntamente com o represamento da água ascendente. Porém esse tipo de sistema apresentava dois problemas. No período da cheia do Nilo, os canais não suportavam a quantidade de água e os represamentos feitos para captar água inundavam, causando enchentes que destruíam os vilarejos próximo ao rio. No período da seca, não havia água suficiente para irrigar e perdiam-se as lavouras.

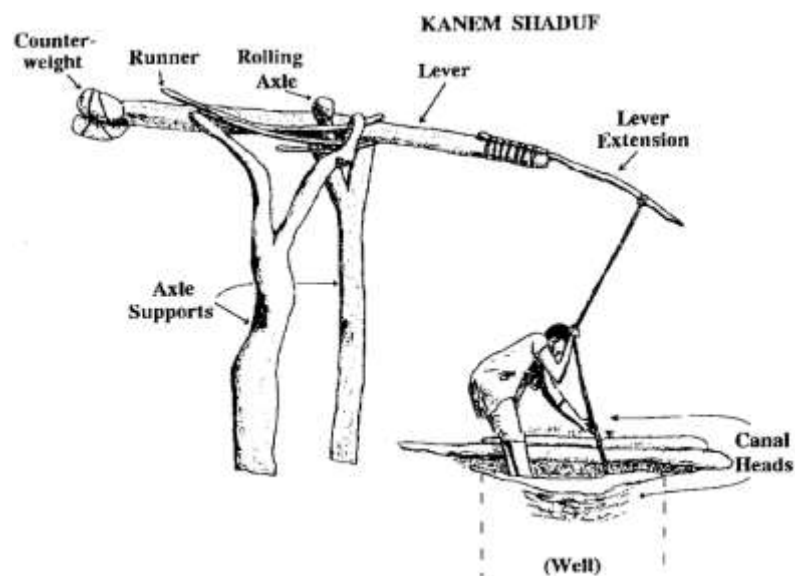
Figura 2 - Ilustração sobre canais no Egito Antigo



Fonte: (UMPIÉRREZ, 2015)

O *Shaduf* - também conhecido como picota ou elevador de contrapeso - era uma ferramenta usada para retirar água do Rio Nilo (MIRTI et al., 1999). Operada de dois a quatro homens, consistia em um longo mastro suspenso, com um peso em uma das extremidades e, na outra, um balde suspenso (Figura 3). Essa ferramenta, somada aos sistemas de canais, permitiam que os egípcios irrigassem as lavouras durante o período da seca e da cheia do Rio Nilo.

Figura 3 - Esboço ilustrativo de um Shaduf



Fonte: (MIRTI et al., 1999)

No período do Faraó Ptolomeu, foi desenvolvida a Nora (Figura 4), também conhecida como moinho de água. Era formada por uma roda com 12 jarros em torno de sua circunferência. Conforme ela girava, os jarros eram enchidos, aproximadamente, de 4 a 6 m³ de água, sendo mais eficiente que o *Shaduf* (MAZOYER & ROUDART, 2009).

Figura 4 - Nora



Fonte: (FONSECA, 2019)

O *Tanbour*, mais conhecido como o parafuso de Arquimedes (Figura 5), é uma ferramenta de bombeamento de água criada pelo matemático grego Arquimedes. Consiste em um tubo cilíndrico oco, de madeira, que encaixa uma haste, também de madeira, esculpida em formato de parafuso. Na parte de cima o *Tanbour* havia uma manivela. Os homens colocavam-no na água e giravam essa manivela. O movimento giratório levantava a água, que subia pelo tubo, caindo no Sistema de Irrigação.

Figura 5 - Tanbour

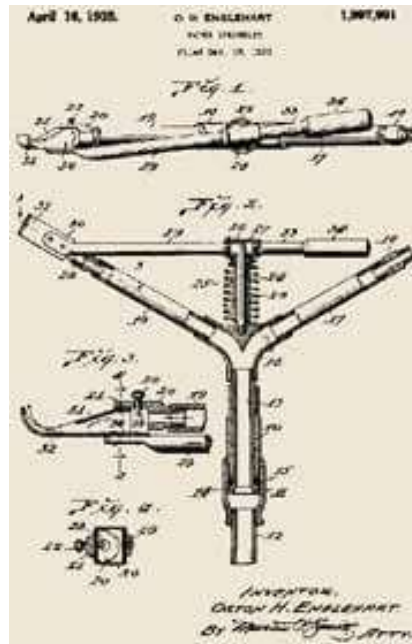


Fonte: (PERRONE, 2019)

A Agricultura Moderna surgiu com o advento da Revolução Industrial, no final do século XVIII, quando ocorreu a subsunção do trabalho manual por maquinário a vapor. Embora essa substituição tenha aumentado a produção dos produtos agrícolas, a demanda não seguiu o mesmo ritmo. Houve uma diminuição no trabalho manual. A população que vivia da agricultura saiu do meio rural e deslocou-se para a capital, em busca de emprego, dando origem ao fenômeno chamado Êxodo Rural.

Os sistemas de irrigação ficaram mais modernos. Orton Englehart criou o aspersor de impacto rotativo em 1933 (Figura 6). No final dos anos 50, foram desenvolvidos aspersores de plástico, nos modelos sprays e rotores (ou rotativos), mais usados para paisagismo, jardins e campos esportivos.

Figura 6 - Esboço do aspersor de impacto rotativo



Fonte: (RAIN BIRD, 2017)

2.2. Métodos de Irrigação e Sistemas

Os métodos de irrigação são definidos como a maneira de agir ou fazer as coisas (TESTEZLAF, 2017). Dentro desses métodos, existem os sistemas, elementos que interagem, para desempenhar determinada função (ORMOND, 2006).

Com o passar do tempo, surgiram novos tipos de sistemas de irrigação. Na era moderna (Quadro 1), podem-se definir quatro métodos principais: Superfície, Aspersão, Localizada e Subsuperfície (TESTEZLAF, 2017).

Quadro 1 - Métodos de irrigação e seus principais sistemas

Método	Sistema
Superfície	Sulcos e Inundação
Aspersão	Convencional e Mecanizada (Pivô e Carretel)
Localizada	Gotejamento e Microaspersão
Subsuperfície	Gotejamento Subterrâneo e Mesas de subirrigação

Fonte: Adaptado (TESTEZLAF, 2017)

2.2.1. Irrigação por Superfície

No Método de irrigação por superfície, também conhecido como irrigação por gravidade, a água escoar na área do plantio, cobrindo-a total ou parcialmente e infiltrando-se naturalmente no solo.

Um sistema pode ser mencionado por diversos nomes. De modo geral, são classificados como sistemas de irrigação por inundação e sistemas de irrigação por sulcos.

a) Sistemas de irrigação por inundação: a água inunda ou é represada por toda superfície da área do cultivo (Figura 7). Esse acúmulo de água pode ser permanente ou temporário, dependendo do tipo do cultivo.

Figura 7 - Sistemas de irrigação por inundação



Fonte: (PIPEBR, 2019)

b) Sistemas de irrigação por sulcos: a água é represada por meio de sulcos ou canais paralelos à área do plantio (Figura 8). Esses canais, normalmente, têm um pequeno declive, cuja finalidade é movimentar a água para a irrigação.

Figura 8 - Sistemas de irrigação por sulcos



Fonte: (PIPEBR, 2019)

2.2.2. Irrigação por Aspersão

No método de Irrigação por Aspersão, aplica-se água sobre a superfície da área do plantio, simulando a chuva. A partir de fontes aquíferas como rios, lagos, açudes e poços subterrâneos, a água é bombeada com auxílio de um motor e distribuída por meio de tubulações. A formação das gotas que simulam a chuva se dá por meio de dispositivos mecânicos conhecidos como sprays ou aspersores. Utilizado na Inglaterra como sistema de extinção de incêndios, esse método foi, depois, adaptado para irrigar jardins e gramados (HÜBENER, 1996).

a) Sistemas de irrigação por Aspersão Convencional: a irrigação é aplicada por hastes que soltam jatos de água que caem no solo, em formato de chuva artificial (Figura 9). Essas hastes podem ser fixadas em um sistema de distribuição ou moveis.

Figura 9 - Sistemas de irrigação por Aspersão Convencional



Fonte: (ENAGRI JR, 2006)

b) Sistemas de irrigação por Aspersão Mecanizada: a irrigação por aspersão mecanizada utiliza um dispositivo que possibilita a movimentação pela área do plantio (Figura 10). O Pivô Central é uma torre triangular que utiliza um sistema de treliças, mantidas a uma determinada altura do solo, por torres de sustentação e usa movimentação circular em volta do pivô central. Porém, atualmente já existem os modelos de pivô central móvel.

Figura 10 - Sistemas de Irrigação por Aspersão Pivô Central



Fonte: (VALLEY IRRIGATION, 2020)

No modelo de Sistema de Irrigação por aspersão mecanizada com utilização de carretel de irrigação, também conhecido como sistema autopropelido, a água é

aplicada por meio de um canhão ligado a uma mangueira enrolada em um carretel (Figura 11). Ela é programada para puxar, após certo tempo, o canhão de água localizado em cima de uma base móvel.

Figura 11 - Carretel de irrigação e Canhão



Fonte: (APT IRRIGAÇÃO, 2021)

2.2.3. Irrigação Localizada

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

a) Sistemas de irrigação Localizada por Gotejamento: a aplicação da água é realizada por um gotejador, que solta gotas ao redor da planta (Figura 12).

Figura 12 - Sistemas de Irrigação Localizada por Gotejamento



Fonte: (BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS, 2019)

b) Sistemas de irrigação Localizada por Microaspersão: esse sistema assemelha-se ao sistema por gotejamento (Figura 13). A diferença está exatamente no emissor utilizado, um microaspersor que amplia a distância do seu jato de água, por estar localizado a poucos centímetros do solo.

Figura 13 - Sistemas de irrigação Localizada por Microaspersão



Fonte: (MIRANDA & OLIVEIRA, 2020)

2.2.4. Irrigação de Subsuperfície

Esse método utiliza um sistema subterrâneo, emitindo água pelo subsolo, abaixo da raiz da planta. Dessa forma, ele força as raízes a crescerem, para chegarem ao bulbo molhado ou no manto umedecido formado pela irrigação subterrânea.

a) Sistemas de irrigação de Subsuperfície por Gotejamento Subterrâneo: esse sistema assemelha-se ao sistema por gotejamento (Figura 14), com a diferença de que o microaspersor fica enterrado sob as raízes.

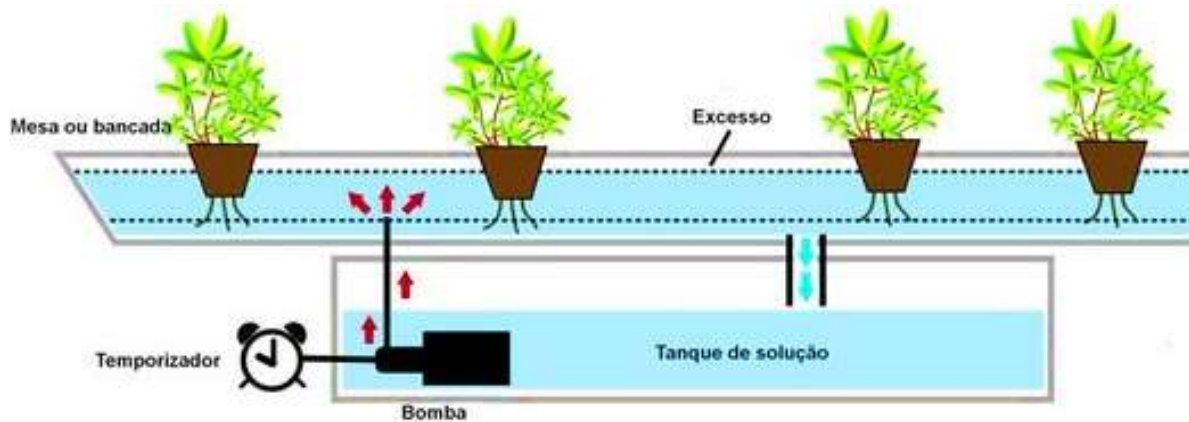
Figura 14 - Sistemas de Irrigação de Subsuperfície por Gotejamento Subterrâneo



Fonte: (HIDRO SISTEMAS, 2015)

b) Sistemas de irrigação de Subsuperfície por Mesas de subirrigação: O processo de capilaridade ou de ascensão capilar da água (FERRAREZI et al., 2015a), responsável pela sua elevação contra a ação da gravidade, é o princípio básico de operação desse método, que pode ser aplicado em campos de cultivos protegidos. Esse sistema aplica a água em uma base de recipientes para o cultivo. Seja em bandejas, canos ou vasos, ela é depositada em um tanque com solução de nutrientes (FERRAREZI et al., 2015b) e transportada, por uma bomba, para a base, onde se encontram as raízes (Figura 15). O escoamento se dá por uma ligação com o tanque.

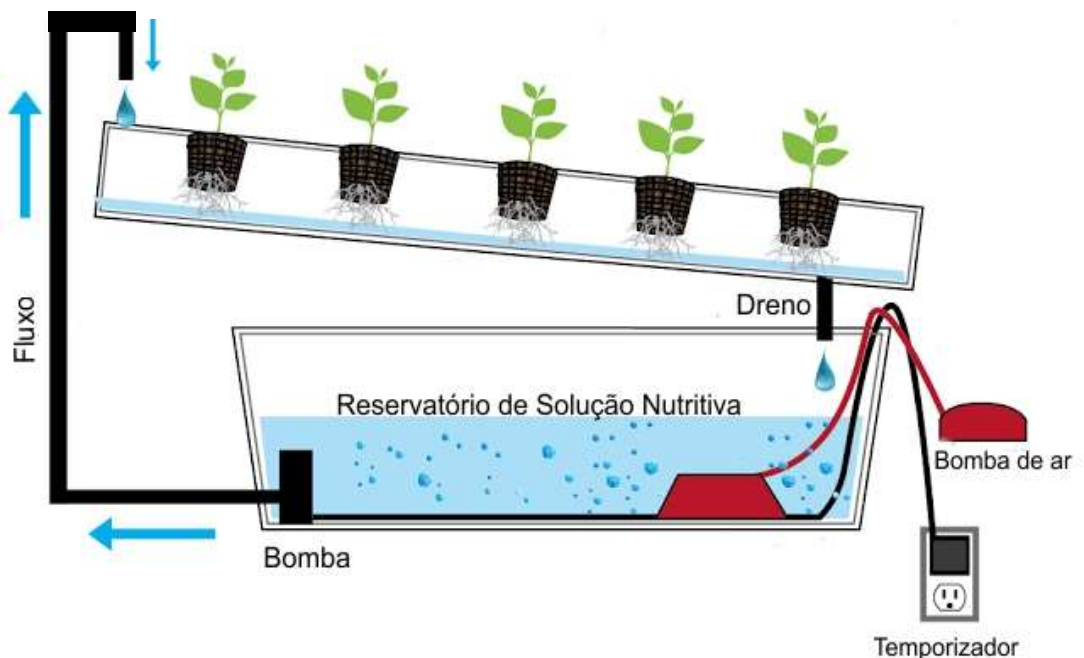
Figura 15 - Ilustração de um Sistema de irrigação de Subsuperfície por Mesas de subirrigação



Fonte: (TESTEZLAF, 2017)

Esse sistema também é usado em sistemas hidropônicos (Figura 16), chamados cultivos em solução (raiz nua), que não têm o solo como meio de sustentação nutricional (DOS SANTOS et al., 2013). Todos os nutrientes para o crescimento estão na solução que entra em contato com as raízes.

Figura 16 - Ilustração de um Sistema Hidropônico



Fonte: (LOPES, PIRES & SERRA, 2018)

2.3. Lógica Paraconsistente

A Lógica Paraconsistente faz parte do grupo chamado Lógicas Não-Clássicas (ABE, 2015) (ABE, 2016), que permitem 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, considerados os fundadores da Lógica Paraconsistente, apresentaram contradições nos pilares da Lógica Aristotélica. Ao que tudo indica, os estudos sobre a lógica iniciaram com Aristóteles, na Grécia Antiga. Por isso, ficou conhecida como Lógica Aristotélica ou Lógica Clássica, que define três princípios básicos (CHURCH, 1956) (COSTA, 1994). O Princípio da identidade: todo objeto é igual a ele mesmo e diferente de todo resto (GAMUT, 1991) (COSTA, 1994). O Princípio da não-contradição: uma proposição não pode ser verdadeira e falsa ao mesmo tempo. (COSTA, 1994). O Princípio do terceiro excluído: não há outra possibilidade além do verdadeiro e falso (LEAR, 1990) (COSTA, 1994).

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

Com o auxílio dessa 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. Segundo a Lógica Clássica, por exemplo, na afirmação "o homem é cego, mas vê", o indivíduo que vê (um "não-cego") não pode ser cego. Já na Lógica Paraconsistente, ele pode ser cego para algumas coisas e não-cego para outras.

2.3.1. Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ}

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} – Lógica E_{τ} é uma classe de Lógica Paraconsistente que possui, em sua linguagem, proposições do tipo $p(\mu, \lambda)$, onde μ (μ_i) representa o indicador de grau de evidência favorável e λ (λ_i) representa o grau de evidência contrária, estando ambos limitados a valores reais

entre 0 e 1 (ABE, 1992) (NAKAMATSU & ABE, 2009) (ABE, AKAMA & NAKAMATSU, 2015) (AKAMA, 2016).

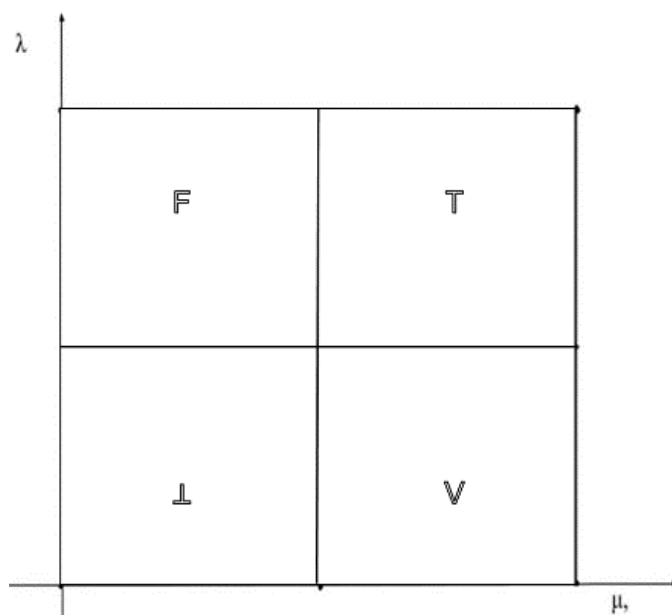
Para efetuar as operações com o uso da Lógica $E\tau$ para tomada de decisão, faz-se necessário aplicar a técnica de maximização, a fim de encontrar o grau favorável resultante (μ_R). Também é aplicada a técnica de minimização, de modo a encontrar o grau de evidência contrária resultante (λ_R) (ABE;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

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

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

Após obter o Grau de Certeza e o 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 17).

Figura 17 - Ilustração do reticulado (τ)



Fonte: adaptado (ABE, AKAMA & NAKAMATSU, 2015)

A Tabela 1 descreve o significado dos símbolos dos estados lógicos que estão no reticulado (τ), visto na Figura 17.

Tabela 1 - Estados Lógicos Resultante

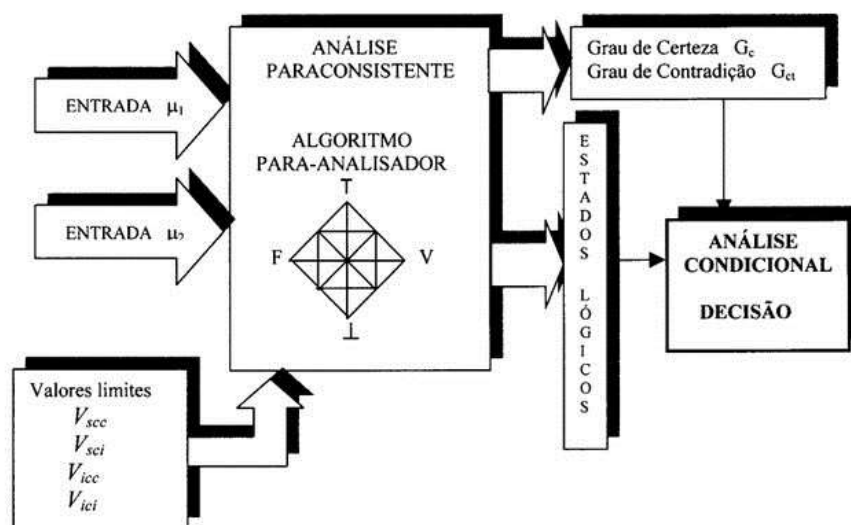
Estados Resultantes	Símbolos
Verdadeiro	T
Falso	F
Inconsistente	T
Paracompleto	\perp

Fonte: adaptado (ABE, AKAMA & NAKAMATSU, 2015)

2.3.2. Algoritmo Para-Analisador

O Algoritmo Para-Analisador é um conjunto de instruções que permite analisar as proposições, para obter um estado resultante (Figura 18). O Algoritmo Para-Analisador abriu a possibilidade de desenvolver estudos na Robótica (TORRES & REIS, 2015), nas Redes Neurais (SOUZA & ABE, 2015) e na Saúde (ABE, SILVA LOPES & ANGHINAH, 2015).

Figura 18 - Representação do Algoritmo Para-Analisador



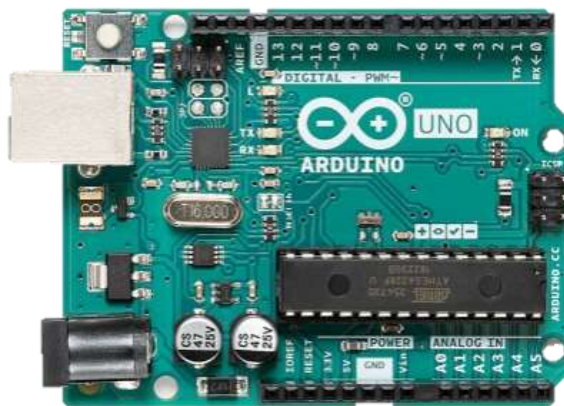
Fonte: (SILVA FILHO, ABE, LAMBERT-TORRES, 2008)

2.4. 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 19) (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 o objetivo de criar ferramentas acessíveis, com baixo custo, flexíveis e de uso fácil para principiantes, profissionais ou pequenos produtores que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e ferramentas mais complicadas (CALVO & ALEJOS, 2010).

Figura 19 - Arduino Uno Rev3



Fonte: (ARDUINO UNO REV3, 2020)

O Arduino, uma plataforma *Open-Source*, é dividido 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 recebidos e controlar a saída por meio de uma ou mais ações.

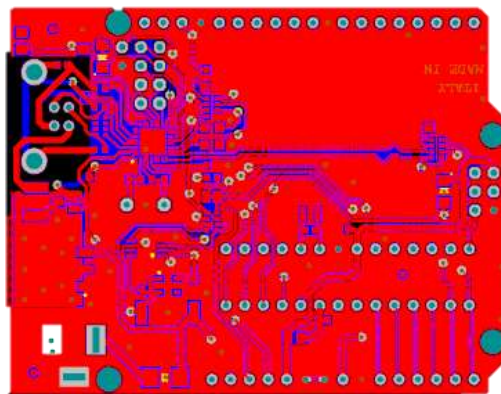
O *Software*, Arduino *IDE - Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado - é um programa de computador *Open-Source* ou programa de código aberto, que permite ao usuário passar os comandos que serão executados pela placa Arduino. Esse programa foi desenvolvido na linguagem de programação Java, com base em plataformas de códigos abertos, como a *Wiring*, criada por Hernando Barragan, Brett Hagman e Alexander Brevig em 2005 e

Processing, criada por Casey Reas, Benjamin Fry em 2001 (CALVO & ALEJOS, 2010).

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

No *hardware* livre, são disponibilizadas as informações dos desenhos mecânicos, esquemas, listas de materiais, *PCB - Printed Circuit Board* ou Placa de Circuito Impresso (Figura 20) (ARDUINO UNO REV3, 2020), para que os entusiastas e profissionais da área de eletrônica possam criar seus próprios projetos ou fazer as adaptações necessárias na placa.

Figura 20 - PCB do Arduino Uno Rev3



Fonte: (ARDUINO UNO REV3, 2020)

Com o avanço das tecnologias, o Arduino tornou-se indispensável para criação de protótipos, projetos *makers* e produtos. Foram produzidas comercialmente diversas versões do dispositivo, mas as versões mais conhecidas são: Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Mega, Arduino Nano e Arduino LilyPad (ARDUINO, 2005).

O Arduino está sendo utilizado em diversas áreas do conhecimento, como Robótica (DI TORE et al., 2019), Meio Ambiente (ALI et al., 2016) (LOCKRIDGE et al., 2016), Transporte Público (RODRIGUES & SHIMOISHI, 2015) e Educação (LOPEZ-ITURRI et al., 2018), entre outras.

O Arduino utiliza os sinais dos sensores que possibilitam analisar o estado do ambiente e interagir com os arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores

(ARDUINO, 2018). Pode também interconectar objetos do cotidiano e abrir uma porta com um simples toque na tela do celular ou ligar o chuveiro e escolher entre água fria ou quente. Essa conexão, chamada de *Internet of Things – IoT* (MCEWEN & CASSIMALLY, 2014), também conhecida como Internet das Coisas refere-se à interconexão digital de objetos do cotidiano com a internet (ZANJIREH & LARIJANI, 2015).

3. METODOLOGIA

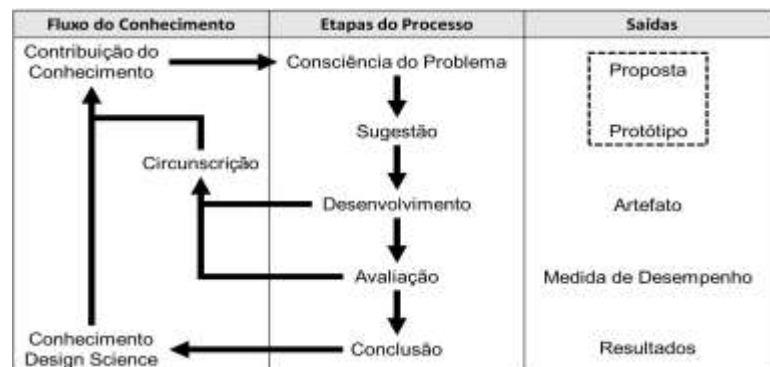
Este capítulo descreve a metodologia usada para o desenvolvimento do trabalho, buscando referências bibliográficas sobre os conceitos de Sistema de Irrigação, Lógica E τ e Plataforma Arduino, para obter conhecimento e propor um modelo de Sistema de Irrigação de Horta Caseira baseado em Lógica E τ para o auxílio na tomada de decisão sobre a irrigação, com a utilização da plataforma Open-Source Arduino.

Para atender o aspecto da Pesquisa Exploratória (TOZONI-REIS, 2009), cujo objetivo é familiarizar-se com assunto, o pesquisador buscou tutoriais e apostilas sobre Arduino, a fim de propor um protótipo de baixo custo, acessível e de fácil aprendizado, capaz de ajudar na economia de água, luz e produção de alimento em pequena escala.

Os projetos baseados em Arduino exigem pouca ou nenhuma habilidade de programação ou conhecimento de teoria da eletrônica. Na maioria das vezes, essa praticidade é simplesmente adquirida ao longo do caminho. Já existem disponíveis, na internet, documentação e tutoriais gratuitos, que facilitam o aprendizado.

Como metodologia principal, foi utilizado o conceito do modelo de processo em *Design Science Research* apresentado por VAISHNAVI, KUECHLER & PETTER, (2019), que permite contribuir com novos conhecimentos para a construção de artefatos que possibilitam a materialização de projetos. Na criação dos artefatos, seguiu as 5 etapas do Processo de utilização do conhecimento (Figura 21): Consciência do Problema, Sugestão, Desenvolvimento, Avaliação e Conclusão.

Figura 21 - Quadro Geral da Estratégia em *Design Science Research*



Fonte: Adaptado (VAISHNAVI, KUECHLER & PETTER, 2019)

3.1. Etapas do Processo

Essas etapas destinam-se à utilização do conhecimento para o entendimento do problema e desenvolvimento dos artefatos.

3.1.1. Consciência do Problema

A consciência de um problema de pesquisa pode vir de várias fontes, incluindo novos desenvolvimentos na indústria ou identificação de problemas dentro de uma disciplina de referência (VAISHNAVI, KUECHLER & PETTER, 2019).

Os tipos de problemas relevantes para *Design Science Research* resumem-se ao esforço de pesquisa, que tende a ser focada na solução de problemas, ao contrário das perguntas ou problemas respondidos por meio de explicação. Essa etapa de consciência do problema gera uma Proposta - formal ou informal - para sua solução.

Em razão da falta de acesso a sistemas mais sofisticados, o pequeno agricultor usa sistemas obsoletos ou antigos, que acabam levando à perda da área do plantio, pois tornam essa área imprópria para o cultivo, por provocarem salinização do solo, uso excessivo da água para irrigação, falta de manutenção preventiva nos equipamentos. Outro problema é a escassez de água durante os períodos de seca, pela falta de um sistema que controle a vazão.

Outro ponto a ser mencionado: o aumento da população brasileira indicado pelo IBGE (2021), que causa aumento no consumo de água, luz e alimentos, elevando os preços na mesma proporção. Como alternativa, as pessoas estão desenvolvendo hortas pequenas dentro de casa, a fim de produzir o próprio alimento para economizar.

Portanto, é necessário criar uma solução de baixo custo, fácil acesso e rápida aprendizagem. A proposta para solução do problema é utilizar a plataforma *Open-Source Arduino* com o microcontrolador conectado a um sensor de umidade de solo, para identificar os estados possíveis que ele pode apresentar. O Algoritmo Para-Analisador recebe os dados do sensor como entrada e faz o processamento dos dados para apresentar uma saída, um dos estados lógicos resultantes que a Lógica $E\tau$ apresenta, podendo, assim, auxiliar na tomada de decisão, controlando o fluxo de água e a quantidade necessária para rega.

3.1.2. Sugestão

Após o desenvolvimento da consciência do problema, vem uma etapa criativa, na qual se apresenta uma sugestão de solução para o problema, baseada na proposta apresentada na etapa da consciência do problema.

A introdução da Tecnologia de Informação, com vias a melhorar a produção no setor da agricultura, gerou o termo Agricultura de Precisão (MAPA, 2013), relacionado ao uso de dispositivos tecnológicos para monitorar e avaliar, com precisão, as condições do solo, da água e do clima, no auxílio da produção agrícola (MOLIN, AMARAL & COLAÇO, 2015) ou adoção de técnicas e tecnologias com maior precisão para manejo adequado do ecossistema, o que pode reduzir o impacto ambiental de maneira significativa (INAMASU et al, 2011). Para essa etapa, foram utilizados os conceitos do método de *Design Thinking*.

O *Design Thinking* pode ser utilizado para desenvolver, de forma criativa e interativa, atividades no ensino (EDELMAN et al., 2020), como possível solução para resolver algum problema (WENZEL & MEINEL, 2020).

Os pilares do *Design Thinking* são: empatia, colaboração e experimentação (ROBERTS et al., 2016). Para desenvolver a empatia, é preciso colocar-se na posição do outro, a fim de atingir o objetivo e imaginar as mesmas circunstâncias. Enquanto a colaboração está ligada à criação conjunta e soma de experiências da equipe, a experimentação ocorre no aprendizado prático.

O *Design Thinking* possui cinco etapas (KUMAR, ZINDANI & DAVIM, 2020): Empatia ou Imersão, Definição (Análise e Síntese), Ideação, Prototipação e Teste (Validação e Implementação) (LI & FU, 2020).

- Empatia: essencial para profissionais que usam o *Design Thinking*, a fim de entender melhor o usuário e suas necessidades.
- Definição: deve-se fazer a análise e síntese do problema que utiliza o produto ou serviço.
- Ideação: deve-se entender as necessidades e problemas dos usuários, passando, da criação de ideias, para o desenvolvimento do produto. A técnica do Brainstorming pode ser utilizada para estimular esse processo criativo.
- Prototipação: quando se elabora um protótipo, para que os usuários possam testar o produto.

- Teste: deve-se fazer a validação e a implementação. Uma vez feita a criação do protótipo, caso ainda existam problemas, deve-se retornar à etapa de Definição, para a análise de problemas.

Sugere-se a criação de um protótipo que atenda às necessidades apresentadas na consciência do problema. Para tanto, utiliza-se a plataforma *Open-Source* Arduino, conectada a um sensor que mede a umidade do solo e controla o Sistema de Irrigação Localizada por Gotejamento, com apoio da Lógica $E\tau$ para tomada de decisão do acionamento do Sistema de Irrigação. Esse sistema possibilita que a planta absorva melhor os nutrientes da água e que haja maior controle no uso consciente, facilidade no manejo, menor tempo gasto em operações e menor perda de água por evaporação pelo solo (TESTEZLAF, 2017).

Este trabalho não aborda a textura, a estrutura do solo, a qualidade da água ou evapotranspiração da cultura.

3.1.3. Desenvolvimento

Nessa etapa de desenvolvimento do protótipo, são gerados artefatos que detalham as ferramentas usadas para construção do projeto. Esses artefatos são apresentados no Capítulo 4 (Desenvolvimento). Existem diferentes formas de realizar essa etapa; as teorias de design (JONES & GREGOR, 2007), os conceitos, modelos, processos ou por instância (MARCH & SMITH, 1995) (HEVNER et al., 2004).

3.1.4. Avaliação

A etapa de Avaliação verificou se o protótipo atendeu à proposta sugerida na etapa de Sugestão. Também há possibilidade de adicionar informações, caso necessário, sobre o comportamento esperado e os impactos do protótipo (VENABLE, PRIES-HEJE & BASKERVILLE, 2016).

As análises dos resultados da avaliação podem despertar novas ideias para novos projetos, geralmente colocados como sugestão para trabalhos futuros.

3.1.5. Conclusão

Esta etapa pode ser apenas o fim de um ciclo de pesquisa. O resultado de um esforço de pesquisa é, normalmente, satisfatório, mesmo com possibilidade de abordar cenários que não foram vistos na pesquisa, dando oportunidade de fazer novas investigações nesses cenários não assistidos (HEVNER et al., 2004).

Além dos resultados obtidos, também desenvolve o conhecimento adquirido na pesquisa aumentando, assim, a contribuição do conhecimento sobre o assunto discutido (GREGOR & HEVNER, 2013). Faz parte dessa etapa divulgar a contribuição dada pelo projeto de pesquisa.

4. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo descreve as ferramentas usadas na construção do protótipo, baseando-se nas etapas de Sugestão e Desenvolvimento das Etapas do Processo descrito no capítulo da Metodologia, trazendo o conceito de aprendizagem experimental para a concepção do modelo proposto.

A plataforma Arduino está relacionada ao conceito de aprendizado experimental (FELICIA, 2011), que defende a integração entre realidade e aprendizagem. Para tanto, são necessárias cinco condições básicas (BEARD, 2010): aprendizagem pela prática, reconstrução consciente da experiência vivenciada, aprendizagem por associação, aprendizagem diversificada e aprendizagem integrada à vida e à realidade (FILATRO & CAVALCANTI, 2018). Por sua vez, isso corrobora com o termo inglês *DIY* (PENZENSTADLER et al., 2018) (*Do it Yourself* ou, faça você mesmo), usada para se referir ao método de construção, modificação e reparação de coisas (GELBER, 1997) (HATTON-JONES & TEAH, 2015), sem a ajuda direta de profissionais especializados.

4.1. Ferramentas

As Ferramentas usadas para o desenvolvimento e funcionamento do protótipo são de baixo custo e acessíveis.

- **Arduino Uno:** por ser uma plataforma *Open-Source*, utilizou-se o Arduino compatível com as configurações do Arduino Uno R3 (Figura 22), que usa o microcontrolador ATmega328 com cristal oscilador de 16Mhz, capaz de determinar, com precisão, o tempo de *clock* do microcontrolador.

Figura 22 - Modelo Compatível com Arduino Uno R3



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 2 descreve as especificações do Arduino (Figura 22) usado no protótipo.

Tabela 2 - Especificações do Arduino

Especificações	
Microcontrolador	ATmega328
Tensão de Operação	5V
Tensão de Entrada	7-12V
Portas Digitais	14 (6 podem ser usadas como PWM)
Portas Analógicas	6
Corrente Pinos I/O	40mA
Corrente Pinos 3,3V	50mA
Memória Flash	32KB (0,5KB usado no <i>bootloader</i>)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidade do <i>Clock</i>	16MHz

Fonte: (ARDUINO UNO REV3, 2020)

- **Protoboard:** ferramenta que auxilia no desenvolvimento do protótipo. Tem perfurações que possibilitam montar circuitos, sem necessidade de soldas ou conexões permanentes (Figura 23), o que permite observar os circuitos e ligações ou fazer modificações com facilidade, sempre que necessário.

Figura 23 - *Protoboard*

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

A Tabela 3 descreve as especificações da *Protoboard* (Figura 23) usada no protótipo.

Tabela 3 - Especificações da *Protoboard*

Especificações	
Furos	400
Material	Plástico ABS
Tensão Máxima	500v AC por minuto
Faixa de Temperatura	-20 a 80°C
Dimensões	8,3 x 5,5 x 1,0 cm

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

• **Conectores Jumpers:** excelente para montar projetos com rapidez e agilidade. Existem os seguintes modelos: Macho-Macho, Fêmea-Fêmea e Macho-Fêmea. Para o protótipo, foram usados os três modelos (Figura 24).

Figura 24 - Conectores *Jumpers*

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

A Tabela 4 descreve as especificações dos *Jumpers* (Figura 24) usados no protótipo.

Tabela 4 - Especificações dos *Jumpers*

Especificações	
Comprimento do cabo	30cm
Tensão Máxima	500v AC por minuto
Largura do conector	2,54mm

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

- **Sensor de Fluxo de Água 1/2"**: permite medir a quantidade de água que passa pelo cano e controlar o volume desejado. Trabalha com a faixa de vazão de 1 a 30L por minuto (Figura 25).

Figura 25 - Sensor de Fluxo de Água



Fonte: (ARDUCORE, 2020)

A Tabela 5 descreve as especificações do Sensor de Fluxo de água (Figura 25) usado no protótipo.

Tabela 5 - Especificações do Sensor de Fluxo de água

Especificações	
Modelo	YF-S201
Tipo de sensor	Efeito Hall
Tensão de operação	5-24V
Corrente máxima	15mA (5V)
Faixa de fluxo	1-30L/min
Pressão máxima	2,0 MPa
Temperatura de trabalho	-25 a 80°C
Comprimento do cabo	15cm
Dimensão conexão	1/2"
Dimensão diâmetro interno	0,78"
Dimensão externa	2,5" x 1,4" x 1,4"

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

• **Sensor de Temperatura e Umidade Relativa do Ar DHT11:** sensor com saída de sinal digital, que garante alta estabilidade e confiabilidade (Figura 26), realizando leituras de temperaturas entre 0 até 50 °C.

Figura 26 - Sensor DHT11



Fonte: (ARDUCORE, 2020)

A Tabela 6 descreve as especificações do Sensor DHT11 (Figura 26) usado no protótipo.

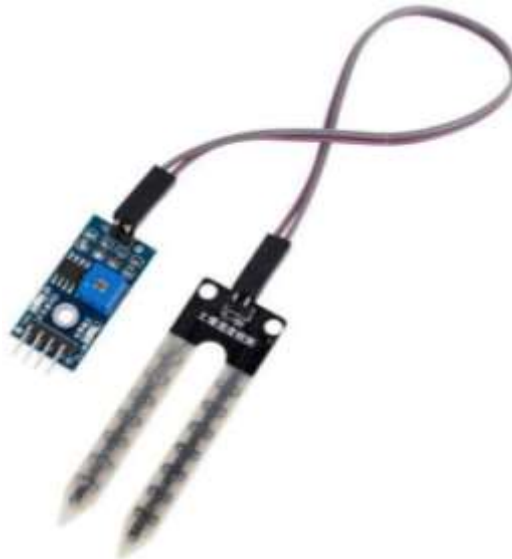
Tabela 6 - Especificações do Sensor DHT11

Especificações	
Dimensões	23mm x 12mm x 5mm
Alimentação	3,0 a 5,5 VDC
Corrente	100uA a 500mA
Faixa de medição de umidade	20 a 90% UR
Faixa de medição de temperatura	0° a 50°C
Precisão de umidade de medição	± 5,0% UR
Precisão de medição de temperatura	± 2.0 °C
Tempo de resposta	5s

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

• **Sensor de Umidade do Solo Higrômetro:** faz a leitura das variações de umidade no solo. O limite entre seco e úmido pode ser ajustado pelo potenciômetro presente no sensor (Figura 27).

Figura 27 - Sensor de Umidade do Solo Higrômetro



Fonte: (ARDUCORE, 2020)

A Tabela 7 descreve as especificações do Sensor de Umidade do Solo (Figura 27) usado no protótipo.

Tabela 7 - Especificações do Sensor de Umidade do Solo

Especificações	
Tensão de Operação	3,3-5
Dimensões PCB	3x1,5 cm
Dimensões Sonda	6x2 cm
Comprimento Cabo	21 cm

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

- **Display LCD 16x2:** display com bom desempenho, mostra os resultados da leitura dos sensores e o número de vezes em que foi feita a irrigação (Figura 28).

Figura 28 - Display LCD 16x2



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 8 descreve as especificações do *Display LCD* (Figura 28) usado no protótipo.

Tabela 8 - Especificações *Display LCD* 16x2

Especificações	
Tensão de trabalho	4.5V ~ 5.5V
Corrente de trabalho	1.0mA ~ 1.5mA
Tensão do LED (backlight)	1.5V ~5.5V
Corrente do LED (backlight)	75mA ~ 200mA
Colunas	16
Linhas	2
Área da tela	64.5mm x 14mm
Tamanho dos caracteres	3mm x 5.02mm

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

- **Módulo Relé 5V com 2 canais:** o Módulo Relé permite fazer o acionamento da motobomba (Figura 29).

Figura 29 - Módulo Relé



Fonte: (ARDUCORE, 2020)

A Tabela 9 descreve as especificações do Módulo Relé (Figura 27) usado no protótipo.

Tabela 9 - Especificações do Módulo Relé

Especificações	
Tensão de operação	5VDC
Corrente típica de operação	15~20mA
Tensão de saída	30 VDC a 10A ou 250VAC a 10A
Tempo de resposta	5~10ms
Dimensões	51 x 38 x 20mm

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

- **Bomba Submersa Sarlo *Better sb*:** caso haja um reservatório, faz o bombeamento da água, de forma silenciosa e eficaz. A motobomba (Figura 30) produz intensa movimentação de água, com baixo consumo de energia elétrica.

Figura 30 - Bomba Submersa Sarlo *Better* sb 140

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

A Tabela 10 descreve as especificações da Bomba Submersa (Figura 30) usada no protótipo.

Tabela 10 - Especificações Bomba Submersa

Especificações	
Vazão	140 L/h
Coluna d'água	40 cm
Consumo	4 W

Fonte: (ARDUCORE, 2020)

- **Kit Engate Rápido para Mangueira de Jardim:** faz a conexão com a torneira, mangueira, o Sensor de Fluxo de água (Figura 31).

Figura 31 - Kit Engate Rápido para Mangueira de Jardim



Fonte: (ARDUCORE, 2020)

- **Mangueira de Jardim de 10M:** conduz a água da torneira até a planta. Deve ser de 1/2" de diâmetro

4.2. Ambiente de Desenvolvimento

Para a configuração do ambiente de desenvolvimento, foram usados programas de *softwares* baixados da internet.

- **Fritzing:** iniciativa de *software* de código aberto, que torna a eletrônica acessível como material criativo para qualquer pessoa. Desenvolvido na Universidade de Ciências Aplicadas de Potsdam (BRÜHLMANN, 2010), agora é mantido pela Friends-of-Fritzing Foundation. Utilizou-se a versão fritzing.0.9.4, lançada em 01 de dezembro de 2019, para Windows (64 bits) (Figura 32).

Figura 32 – Software Fritzing



Fonte: (FRITZING, 2019)

• **Arduino IDE:** *software* de código aberto, que facilita a escrita de código e o *upload* do código fonte para a placa. Pode ser usado com qualquer placa Arduino. Foi usada a versão arduino-1.8.13, lançada em 16 de junho de 2020, para Windows (64 bits) (Figura 33).

Figura 33 – Software Arduino IDE



Fonte: (ARDUINO IDE, 2020)

A própria Arduino IDE disponibiliza exemplos para o usuário testar e entender o comportamento da placa Arduino e disponibiliza a documentação da linguagem no site. Há um fórum para tirar dúvidas, permitindo que o usuário tenha total autonomia para desenvolver seus próprios projetos. A linguagem de programação padrão para programação do Arduino é linguagem C/C++.

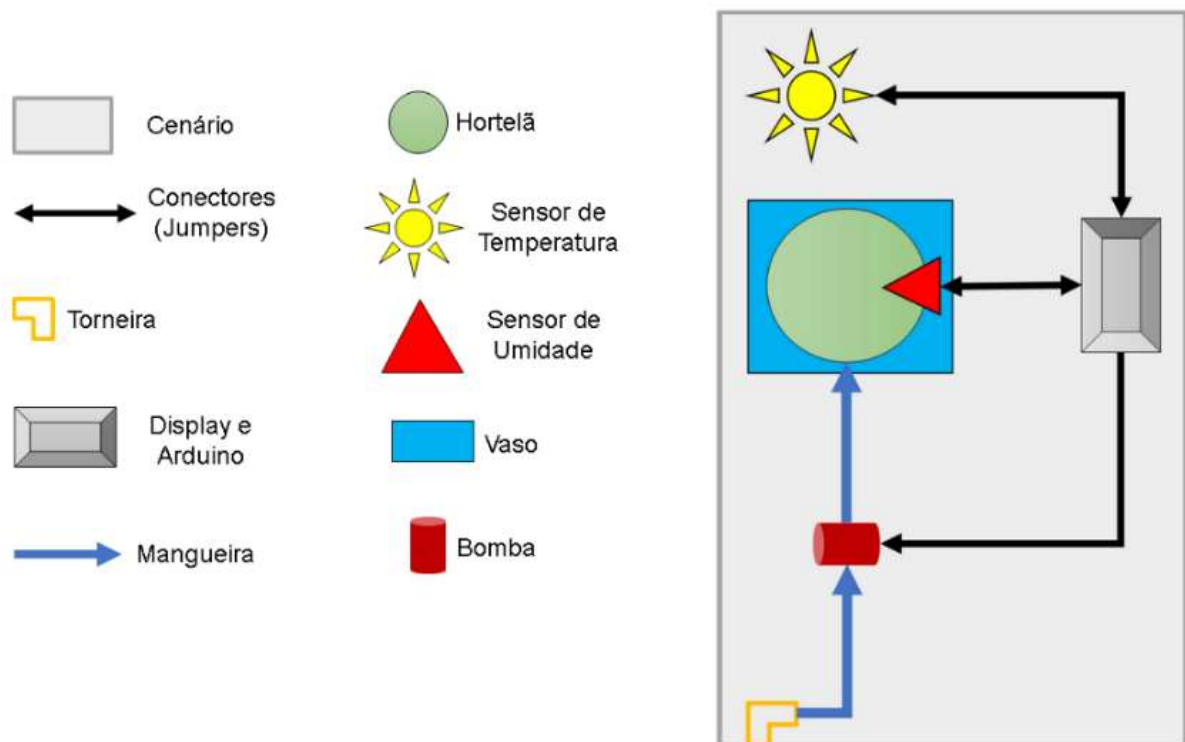
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados os resultados em forma de artigos, bem como os resultados obtidos na etapa da Sugestão e Desenvolvimento descrito no capítulo da Metodologia.

Os conceitos abordados nesse estudo permitiram atender o objetivo específico (A) do capítulo do Referencial Teórico.

O resultado da etapa de Sugestão gerou o protótipo (Figura 34), utilizando o conceito do *Design Thinking* (ROWE, 1994) (MEINEL & LEIFER, 2020), por ser uma ferramenta que permitiu uma aplicação prática, com foco na integração das habilidades e conhecimentos do pesquisador. Além disso, apresenta um processo que une a empatia, a criatividade e a racionalidade, para atender às necessidades do usuário, criando soluções com excelência e inovação.

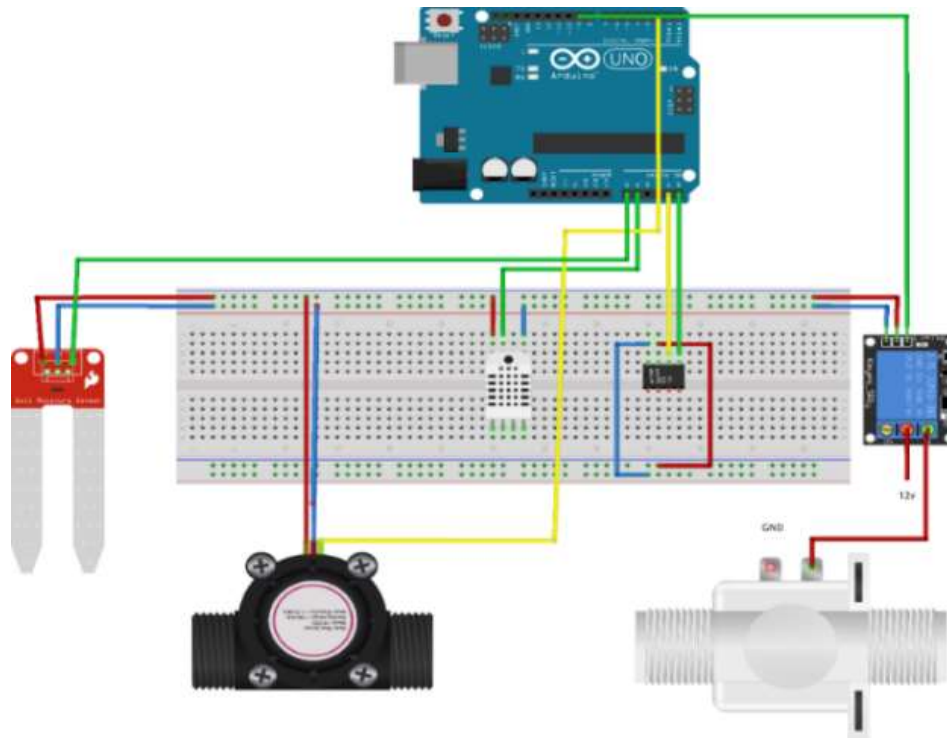
Figura 34 - *Design Thinking* do Modelo Proposto



Fonte: Elaborado pelo Autor

O resultado da etapa de Desenvolvimento gerou o artefato do esquema dos componentes (Figura 35), que atende à proposta da etapa de Solução.

Figura 35 - Esquema dos Componentes do Protótipo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Os artefatos (Figuras 34 e 35) gerados a partir dos estudos deste trabalho fazem parte do processo para atender o objetivo específico (D). A etapa de Sugestão atende o objetivo específico (C).

5.1. Artigo 1

Este artigo, que se encontra no Anexo 1, refere-se aos ganhos de produtividade alcançados com o uso Lógica Paraconsistente para o apoio à tomada de decisões na construção de projetos, atendendo, assim, o objetivo específico (E) e ampliando o entendimento de como a Lógica $E\tau$ atua no apoio a tomada de decisão. Tem, como título, “*The Productivity Gains Achieved in Applicability of The Prototype AITOD with Paraconsistent Logic in Support in Decision-Making in Project Remeasurement*”.

Esse artigo faz parte da edição especial dos *Proceedings of the 9th International Conference of Information and Communication Technology [ICICT-2019]*, realizado na China, em 2019 e publicado pela *Procedia Computer Science*, no Volume 154. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.06.050>

5.2. Artigo 2

Este artigo, que se encontra no Apêndice 1, sugere um modelo de horta com o auxílio da Lógica $E\tau$, atendendo, assim, os objetivos específicos (B) e (E), mostrando uma aplicação com a Lógica $E\tau$. Tem, como título, “*A Purpose of a Smart Vegetable Garden Model Based on Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$* ”.

Esse artigo faz parte dos *Proceedings of 1st International Conference on Agriculture and IoT / ICT / IT (ICAIT2019)*, realizado na China, em 2019 e publicado pela *Springer Nature Singapore*, como capítulo do livro “*New Developments of IT, IoT and ICT Applied to Agriculture*”, no volume 183 da séries de livros “*Smart Innovation, Systems and Technologies* “. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5073-7_2

5.3. Artigo 3

Este artigo, que se encontra no Apêndice 2, que descreve o conceito sobre Hortas Inteligentes e detalha como deverá ser o comportamento do sistema de irrigação com o apoio da Lógica $E\tau$ para a tomada de decisão, atendendo, assim, os objetivos específicos (C) e (E). Tem, como título, “Um Modelo De Horta Inteligente Baseada Em Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ ”.

Este artigo faz parte dos *Proceedings of VII International Workshop on Intelligent Computing Systems (VII WICS19)*, realizado em São Paulo, em 2019 e faz parte do livro “Aspectos de Sistemas Inteligentes Baseados em Lógicas Anotadas”.

5.4. Análise de Custo

Sobre o custo da aquisição das ferramentas necessárias para construção do protótipo (Tabela 11), vale ressaltar que, devido à Pandemia de COVID-19, os valores poderão ser diferentes. Ainda assim, não foge do propósito de ser de baixo custo e acessível.

Tabela 11 - Custo do Projeto

Ferramenta	Preço em R\$ (reais)
Arduino Uno R3	R\$ 59,90
Protoboard	R\$ 12,00
Conectores Jumpers	R\$ 13,90
Sensor de Fluxo de Água	R\$ 28,90
Sensor DHT11	R\$ 11,20
Sensor de Umidade do Solo	R\$ 11,50
Display LCD 16x2	R\$ 20,00
Modulo Relé 2 canais	R\$ 23,00
Muda de Hortelã	R\$ 4,00
Bomba Submersa	R\$ 44,90
Mangueira de Jardim de 10M	R\$ 25,00
Kit Engate Rápido	R\$ 37,00
TOTAL	R\$ 291,30

Fonte: Elaborado pelo Autor

O valor total deste projeto foi R\$ 291,30, valor inicial para aquisição das ferramentas. Porém, a partir do momento em que se tem alguns dos equipamentos, fica apenas o custo de manutenção por peça. Há lojas que já vendem um Kit de Automação de Irrigação com Arduino, reduzindo, assim, o valor. Pensando em um cenário onde o usuário já tenha a Mangueira, o Kit Engate Rápido e uma horta em casa, mas decide comprar o Kit de Automação de Irrigação e mais algumas ferramentas complementares, o custo inicial é reduzido para R\$ 150,00 (Tabela 12),

Tabela 12 - Custo Reduzido

Ferramenta	Preço em R\$ (reais)
Kit Automação de Irrigação	R\$ 92,90
Protoboard	R\$ 12,00
Conectores Jumpers	R\$ 13,90
Sensor DHT11	R\$ 11,20
Display LCD 16x2	R\$ 20,00
TOTAL	R\$ 150,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

5.5. Teste

Para a realização do teste de funcionabilidade do sistema de irrigação, utilizou-se a erva hortelã, por ser uma erva medicinal que pode ser usada para fazer chá e exige cuidado com a quantidade de água. Pode ser plantada em qualquer período do ano, sendo resistente ao frio e ao calor desde que o solo esteja na umidade adequada.

A Figura 36, mostra o Frame do vídeo testando a viabilidade e a funcionabilidade do protótipo.

Figura 36 - *Frame* do vídeo de teste



Fonte: Elaborado pelo Autor

A Figura 37 mostra a Tela de logs com *status* da Horta Caseira. O sensor de umidade do solo faz a leitura e, após o processamento, a saída é um estado lógico resultante.

Figura 37 - Tela de logs com status da Horta



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com relação ao consumo de energia do protótipo, 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 é igual à potência (4,5 Watts, podendo atingir 5 Watts). Após esse cálculo, multiplica-se pelo tempo de utilização em segundos.

5.6. Discussão

Uma observação que pode ser levada em conta é fazer os testes de cada componente isolado, para entender seu funcionamento, possibilitando, assim, ajustes mais precisos no protótipo.

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 decisão sobre a Irrigação por Gotejamento, mostrou-se satisfatório no custo (aquisição e manutenção), consumo de energia e controle do sistema hídrico.

Para cada estado lógico resultante (Figura 17), parametrizou-se uma ação referente à irrigação da horta caseira: (1) Estado “V” (Verdadeiro) libera o fluxo de água para irrigação; (2) Estado “F” (Falso) corta o fluxo de água da irrigação; (3) Estado “T” (Inconsistente) corta ou libera o fluxo de água até o sensor de umidade identificar a umidade ideal do solo; (4) Estado “⊥” (Paracompleto) corta o fluxo de água e aguarda novas leituras dos sensores.

Com o passar do tempo, o sensor de umidade do solo vai perdendo sua eficiência. O tempo exato para executar a troca depende de alguns fatores, como o tipo do solo, a salinidade da água e a exposição ao tempo. Recomenda-se criar uma estrutura de proteção para os componentes, especialmente, a placa Arduino, a *Protoboard*, os *Jumpers* e o *Display*.

Existem mais oito estados lógicos resultantes da Lógica $E\tau$ que não foram abordados no trabalho, porque aumentariam a complexidade do entendimento e a implementação da linguagem de programação utilizada.

Com relação à escalabilidade do protótipo para o uso em horta ou jardim de médio porte, é necessária a reestruturação do protótipo. Também deve ser feita uma análise ou estudo sobre o solo, o clima, o cabeamento a ser utilizado, bem como analisar se há perda de dados referente a leitura dos sensores por causa da distância e pesquisar os sensores mais adequados.

Com esse protótipo, foi possível atingir o objetivo desta pesquisa, de criar uma alternativa para o controle do sistema de irrigação que utiliza a plataforma Arduino com apoio da Lógica $E\tau$ para tomada de decisão, apresentando um projeto de baixo custo, acessível e que ajuda na gestão hídrica de uma horta caseira.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho e o cumprimento dos propósitos evidenciou a importância e a possibilidade do uso do protótipo baseado em Lógica $E\tau$ na gestão de recursos hídricos e no uso eficiente da água, por meio de ferramentas de baixo custo e acessíveis para utilização em hortas caseiras.

O diferencial deste trabalho está no uso da Lógica $E\tau$ como aplicação no auxílio na tomada de decisão do sistema de irrigação, possibilitando a duplicação do protótipo em outro cenário de pequeno porte. O Arduino permite desenvolver diversos sistemas nas mais diferentes áreas de estudos.

A maioria dos projetos que envolvem plataformas *Open-Source* visa a criação de um produto a ser comercializado ou a criação de conteúdo acadêmico a ser desenvolvidos com os alunos de forma didática e interativa.

O uso da água é crucial. Isso resulta em um esforço social para práticas mais sustentáveis, que motivam os indivíduos a se interessarem pelo cultivo do próprio alimento. Porém, apesar da boa intenção, poucas pessoas têm experiência em agricultura e menos ainda são educadas em conservação da água. Desenvolver uma horta caseira com dispositivos de baixo custo promove um sistema sustentável que qualquer um pode construir e usar com dificuldade mínima.

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

A contribuição desta pesquisa é a implementação de um projeto multidisciplinar que conecta a tecnologia da informação à agricultura.

6.1. Sugestões de Trabalhos Futuros

A partir do desenvolvimento desse protótipo e como sugestão de novos projetos a serem desenvolvidos, viu-se a necessidade de adicionar mais recursos e buscar mais informações que complementarão a pesquisa, para traçar sugestões de trabalhos futuros:

A) Implementação do módulo WI-FI, para conexão com internet ou do módulo Bluetooth para envio dos dados de leitura dos sensores para o celular.

B) Melhoria na interface, com a criação de uma aplicação mobile, que permita fazer ajustes pelo celular.

C) Criação de uma dashboard, para geração de gráficos com os dados lidos nos sensores.

D) Realização de um estudo sobre a interação entre solo, clima e água, a fim de adquirir mais conhecimento para melhorar o protótipo.

E) Realização de um estudo sobre como integrar um reservatório para captação da água da chuva.

REFERÊNCIAS

ABE, J. M. **Fundamentos da lógica anotada**. Doutorado—São Paulo: Universidade de São Paulo, 1992.

ABE, J. M. (ED.). **Paraconsistent Intelligent-Based Systems: New Trends in the Applications of Paraconsistency**. Cham: Springer International Publishing, v. 94, 2015

ABE, J. M.; AKAMA, S.; NAKAMATSU, K. **Introduction to Annotated Logics**. Cham: Springer International Publishing, v. 88, 2015

ABE, J. M. (ED.). **Tópicos de Sistemas Inteligentes Baseados em Lógicas Não Clássicas**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2016.

ABE, J. M.; SILVA LOPES, H. F.; ANGHINAH, R. Paraconsistent Neurocomputing and Biological Signals Analysis. In: ABE, J. M. (Ed.). **Paraconsistent Intelligent-Based Systems**. Intelligent Systems Reference Library. Cham: Springer International Publishing. v. 94p. 273–306, 2016.

AKAMA, S. (ED.). **Towards Paraconsistent Engineering**. Cham: Springer International Publishing, 2016. v. 110

ALI, A. S.; ZANZINGER, Z.; DEBOSE, D.; STEPHENS, B. **Open-Source Building Science Sensors (OSBSS): A low-cost Arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection**. Building and Environment, v. 100, p. 114–126, 2016.

ANDROUTSELLIS-THEOTOKIS, S.; SPINELLIS, D.; KECHAGIA, M.; GOUSIOS, G. **Open-Source Software: A Survey from 10,000 Feet**. Foundations and Trends® in Technology, Information and Operations Management, v. 4, n. 3–4, p. 187–347, 2010.

APT IRRIGAÇÃO. Setorial Hidro Roll: Carretel 110mm até 400 metros., APT Irrigação [s.d.]. Disponível em: <<https://aptirrigacao.com.br/equipamento/carretel-auto-propelido-110mm/>>. Acesso em: 10 maio. 2021

ARDUCORE. Disponível em: <<https://www.arducore.com.br/>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

ARDUINO. **Products.** 2005 Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Products>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

ARDUINO. **What is Arduino?** 2018 Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

ARDUINO IDE. **Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

ARDUINO UNO REV3. Arduino Official Store. 2020. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

BAIKIE, J. **Egyptian Antiquities in The Nile Valley.** [s.l.] METHEUN & CO. LTD, 1932.

BEARD, C. **The experiential learning toolkit: blending practice with concepts.** London; Philadelphia: Kogan Page, 2010.

BERNARDO, S; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. Manual de Irrigação. 9. ed.: Editora UFV, 2019.

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Irrigação, uma prática que aumenta a produtividade no campo. Boas Práticas Agronômicas,** 2019. Disponível em: <<https://boaspraticasagronicas.com.br/boas-praticas/irrigacao/>>. Acesso em: 14 nov. 2020

BRÜHLMANN, T. **Arduino: Praxiseinstieg**. 1. Aufl ed. Heidelberg Hamburg: mitp, Verl. -Gruppe Hüthig, Jehle, Rehm, 2010.

CALVO, R.; ALEJOS, R. **Arduino: The Documentary**. LABoral Centro de Arte y Creación Industrial, 2010. Disponível em: <<https://vimeo.com/18539129>>. Acesso em: 1 ago. 2020

CARVALHO, D. F. **ENGENHARIA DE ÁGUA E SOLO**. 2010. 66 f. Dissertação - Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Seropédica-RJ, 2010.

CHURCH, A. **Introduction to mathematical logic**. Princeton, N.J. Chichester: Princeton University Press, 1956.

COSTA, N.C.A. da.; ABE, J.M.; SILVA FILHO, J.I. da.; MUROLO, A.C.; LEITE, C.F.S. **Lógica paraconsistente aplicada**. São Paulo, Atlas, 1999.

COSTA, N. C. A. **Ensaio sobre os fundamentos da lógica**. São Paulo: HUCITEC Editora da Universidade de São Paulo, 1994.

DI TORE, S.; TODINO, M.; SIBILIO, M. **Disuffo: Design, prototyping and development of an open-source educational robot**. Form@re - Open Journal per la formazione in rete, v. Vol. 19 No. 1, p. 106-116, 2019.

DOS SANTOS, J.; LOPES DA SILVA, A. L.; DA LUZ COSTA, J.; SCHEIDT, G. N.; NOVAK, A. C.; SYDNEY, E. B.; SOCCOL, C. R. **Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics**. Journal of Environmental Management, v. 114, p. 8–12, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.045>

EDELMAN, J. A. OWOYELE, B.; SANTUBER, J.; TALBOT, A. V.; UNGER, K.; VON LEWINSKI, K. **Accessing Highly Effective Performative Patterns**. In: MEINEL, C.; LEIFER, L. (Eds.). Design Thinking Research. Understanding Innovation. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 15–33.

ENAGRI JR. **Aspersão Convencional - Projetos e Consultoria Agrícola.**, 2006. Disponível em: <<https://enagrijr.com/home/cherry-services/aspersao-convencional/>>. Acesso em: 14 nov. 2020

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

FERRAREZI, R. S.; WEAVER, G. M.; VAN IERSEL, M. W.; TESTEZLAF, R. **Subirrigation: Historical Overview, Challenges, and Future Prospects.** HortTechnology, v. 25, n. 3, p. 262–276, jun. 2015a.

FERRAREZI, R. S., TESTEZLAF, R. **Performance of wick irrigation system using self-compensating troughs with substrates for lettuce production.** Journal of Plant Nutrition, v. 39, n. 1, p. 147–161, 2 Jan. 2016.

FERRAREZI, R. S.; VAN IERSEL, M. W.; TESTEZLAF, R. Monitoring and Controlling Ebb-and-flow Subirrigation with Soil Moisture Sensors. **HortScience**, v. 50, n. 3, p. 447–453, mar. 2015b.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias Inov-ativas na Educação Presencial, a Distância e Corporativa.** 1. ed.: Saraiva Educação, 2018.

FONSECA, H. S. **OS POVOS DE QUEM HERDAMOS CROMOSSOMAS – 13.** Blog, 2019. Disponível em: <<https://abemdanacao.blogs.sapo.pt/os-povos-de-quem-herdamos-cromossomas-1858511>>. Acesso em: 8 abr. 2021.

FRITZING. Disponível em: <<http://fritzing.org/>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

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

GEDDES, M. **Arduino project handbook.** San Francisco: No Starch Press, 2016.

GELBER, S. M. Do-It-Yourself: Constructing, Repairing and Maintaining Domestic Masculinity. **American Quarterly**, v. 49, n. 1, p. 66–112, 1997.

GREGOR, S.; HEVNER, A. R. Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact. **MIS Quarterly**, v. 37, n. 2, p. 337–355, 2013.

GUIMARÃES, V. G. **Automação e monitoramento remoto de sistemas de irrigação visando agricultura familiar**. Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/15621>>. Acesso em: 9 abr. 2021.

HAMILTON, A. G. **Logic for mathematicians**. Cambridge [Eng.]; New York: Cambridge University Press, 1978.

HATTON-JONES, S.; TEAH, M. Case analysis of the do-it-yourself industry. **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, v. 27, n. 5, p. 826–838, 9 Nov. 2015.

HEVNER, Alan R.; MARCH, Salvatore T.; PARK, Jinsoo; RAM, Sudha. **Design Science in Information Systems Research**. Management Information Systems Quarterly, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

HIDRO SISTEMAS. **Gotejamento**. 2015. Hidro Sistemas – Eficiência em Água e Energia. Disponível em: <<http://www.hidrosistemas.com/irrigacao-agricola/gotejamento/>>. Acesso em: 15 nov. 2020

HÜBENER, R. **The History of Sprinkler Irrigation - Part 3**. Journal of Applied Irrigation Science (Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft), n.2, v. 31 pp. 207-230, 1996. (Article in German)

IBGE. Projeção da população - 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Eds.) Agricultura de precisão: um novo olhar. 1. ed. São Carlos: Embrapa

Instrumentação, 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213731/1/Livro-Agricultura-de-Precisao-um-novo-olhar.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

JONES, D.; GREGOR, S. The Anatomy of a Design Theory. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 8, n. 5, p. 312–335, 2007.

KUMAR, K.; ZINDANI, D.; DAVIM, J. P. **Methods and Tools of Design Thinking**. In: KUMAR, K.; ZINDANI, D.; DAVIM, J. P. (Eds.). Design Thinking to Digital Thinking. Springer Briefs in Applied Sciences and Technology. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 39–47.

LEAR, J. **Aristotle and logical theory**. Repr ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990.

LI, Y.; FU, Z. Creativity Initiative: Design Thinking Drives K12 Education from a Future Thinking. In: RAU, P.-L. P. (Ed.). **Cross-Cultural Design. Applications in Health, Learning, Communication, and Creativity**. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, 2020. v. 12193p. 325–337.

LIMA, L. A.; ABE, J. M.; MARTINEZ, A. A.G.; SANTOS, J.; ALBERTINI, G.; NAKAMATSU, K. **The Productivity Gains Achieved in Applicability of The Prototype AITOD with Paraconsistent Logic in Support in Decision-Making in Project Remeasurement**. Procedia Computer Science, v. 154, p. 347–353, 2019.

LOCKRIDGE, G.; DZWONKOWSKI, B.; NELSON, R.; Powers, S. **Development of a Low-Cost Arduino-Based Sonde for Coastal Applications**. Sensors, v. 16, n. 4, p. 528, 2016.

LOPES, K.; PIRES, D.; SERRA, G. Sistema Hidropônico Inteligente Baseado em um Sistema MIMO Nebuloso. In Brazilian Technology Symposium, BTSym'18, 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/331856329>> Acesso em: 14 nov. 2020.

LOPEZ-ITURRI, P.; CELAYA-ECHARRI, M.; AZPILICUETA, L.; AGUIRRE, E.; ASTRAIN, J.; VILLADANGOS, J.; FALCONE, F. **Integration of Autonomous Wireless Sensor Networks in Academic School Gardens**. *Sensors*, v. 18, n. 11, p. 3621, 2018.

MAPA - 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.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, dez. 1995.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo; Brasília: Ed. UNESP: NEAD, 2009.

MCEWEN, A.; CASSIMALLY, H. **Designing the Internet of things**. Reprinted with corrections ed. Chichester: Wiley, 2014.

MEINEL, C.; LEIFER, L. J. **Design thinking research: investigating design team performance**. Springer, 2020.

MIRANDA, F. R.; OLIVEIRA, V. H. **Métodos de irrigação**. Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica, 2020. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fielotma02wyiv80z4s473q0ytck3.html>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

MIRTI, Thomas H.; WALLENDER, Wesley W.; CHANCELLOR, William J.; GRISMER, Mark E. **Performance Characteristics of the Shaduf: A Manual Water-Lifting Device**. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 15, n. 3, p. 225–231, 1999.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

NAKAMATSU, K.; ABE, J. M. The development of paraconsistent annotated logic programs. **International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems**, v. 1, n. 1/2, p. 92, 2009.

ORMOND, J. G. P. (COMP.). **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. Rio de Janeiro: BNDES, 2006.

PENZENSTADLER, B.; PLOJO, J.; SANCHEZ, M.; MARIN, R.; TRAN, L.; KHAKUREL, J. **The affordable DIY resilient smart garden kit**. Proceedings of the 2018 Workshop on Computing within Limits. **Annals...** In: LIMITS '18: COMPUTING WITHIN LIMITS. Toronto Ontario Canada: ACM, 2018. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3232617.3232619>>. Acesso em: 30 out. 2020

PERRONE, G. C. **Parafuso de Arquimedes Acervo Museológico dos Laboratórios de Ensino de Física**, 2019. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/amlef/2019/12/01/parafuso-de-arquimedes/>>. Acesso em: 15 nov. 2020

PIPEBR. Irrigação | Brasil. PIPEBR 2019. Disponível em: <<https://www.pipebr.com.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

RAIN BIRD. **As origens da Rain Bird: A história**. Padrão Irrigação Ltda. Disponível em: <<https://www.rbirrigacao.com.br/rain-bird-historia/>>. Acesso em: 3 nov. 2020.

ROBERTS, J. P.; FISHER, T. R.; TROWBRIDGE, M. J.; BENT, C. **A design thinking framework for healthcare management and innovation**. *Healthcare*, v. 4, n. 1, p. 11–14, mar. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.hjdsi.2015.12.002>.

RODRIGUES, S. G., SHIMOISHI, J. M. **Aplicação do Método Paraconsistente de Decisão na Seleção de Tecnologias de Transporte Público Urbano**. *Journal of Transport Literature*, v. 9, n. 3, p. 20–24, set. 2015.

ROWE, P. G. **Design thinking**. 5th print ed. Cambridge, Mass. London: MIT Press, 1994.

SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. *Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes*. Rio de Janeiro: LTC, 2008, 328 p

SILVA FILHO, J. I.; TORRES, G. L.; ABE, J. M. **Uncertainty treatment using paraconsistent logic: introducing paraconsistent artificial neural networks**. Amsterdam; Washington, DC: IOS Press, 2010.

SOUZA, S.; ABE, J. M. Paraconsistent Artificial Neural Networks and Aspects of Pattern Recognition. In: ABE, J. M. (Ed.). **Paraconsistent Intelligent-Based Systems**. Intelligent Systems Reference Library. Cham: Springer International Publishing, 2015. v. 94p. 207–231.

STALLMAN, R. **Why Open Source misses the point of Free Software**. 2020 Disponível em: <<https://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.en.html>>. Acesso em: 30 out. 2020.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: Unicamp/FEAGRI, 2017.

OPEN-SOURCE INITIATIVE. **The Open-Source Definition (Annotated)**. Disponível em: <<https://opensource.org/docs/definition.php>>. Acesso em: 30 out. 2020.

TORRES, C. R.; REIS, R. The New Hardware Structure of the Emmy II Robot. In: ABE, J. M. (Ed.). **Paraconsistent Intelligent-Based Systems**. Intelligent Systems Reference Library. Cham: Springer International Publishing, 2015. v. 94p. 87–103.

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

UMPIÉRREZ, M. Á. S. **TEMA 2 A MESOPOTAMIA**. Blog de Miguel Angel Suárez Umpiérrez, 2015. Disponível em: <<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/msuaump/sociales-20-eso/10-primeras-civilizaciones/>>. Acesso em: 9 abr. 2021

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W.; and PETTER, S. (Eds.). “**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

VALLEY IRRIGATION. **Valley Irrigation Photos and Images**. Valley Irrigation - The Leader in Precision Irrigation. 2020 Disponível em: <<http://www.valleyirrigation.com.br/%20fotos>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

VENABLE, J.; PRIES-HEJE, J.; BASKERVILLE, R. **FEDS: A Framework for Evaluation in Design Science Research**. European Journal of Information Systems, v. 25, n. 1, p. 77–89, Jan. 2016.

WENZEL, M.; MEINEL, C. **Prototyper: A Virtual Remote Prototyping Space**. In: MEINEL, C.; LEIFER, L. (Eds.). Design Thinking Research. Understanding Innovation. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 171–184.

ZANJIREH, M. M.; LARIJANI, H. **A Survey on Centralised and Distributed Clustering Routing Algorithms for WSNs**. 2015 IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring). **Anais...** In: 2015 IEEE 81ST VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE (VTC SPRING). Glasgow, United Kingdom: IEEE, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7145650/>>. Acesso em: 30 out. 2020

APÊNDICES

Apêndice 1

Este Artigo foi escrito nas normas da Springer Singapore para o capítulo do Livro *New Developments of IT, IoT and ICT Applied to Agriculture*, da Série *Smart Innovation, Systems and Technologies*.

- Jonatas S. de Souza, Jair M. Abe, Luiz A. de Lima and Kazumi Nakamatsu. *A Purpose of a Smart Vegetable Garden Model Based on Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et. In: NAKAMATSU, K. et al. (Eds.). New Developments of IT, IoT and ICT Applied to Agriculture. Smart Innovation, Systems and Technologies. Singapore: Springer Singapore, 2021. v. 183p. 11–18. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5073-7_2*

Chapter 2

A Purpose of a Smart Vegetable Garden Model Based on Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$



Jonatas Santos de Souza, Jair Minoro Abe, Luiz Antônio de Lima, and Kazumi Nakamatsu

Abstract Due to urban growth, the spaces for planting were being reduced; this growth caused an increase in the consumption of water, energy, and food. Consequently, it will be necessary to rethink a new structure for the use of urban space concerning planting. The information technology has converted the agricultural sector presently profoundly. Many studies are being carried out to facilitate the management and increase the productivity of the crops; the term currently used to name the phenomenon of technological implementation in the field is known as “Precision Agriculture.” This work aims to propose an intelligent garden model that allows the collection of information by the soil sensors that will be sent to the Arduino that controls a hydraulic pump responsible for irrigating the soil monitored by the sensor based on Paraconsistent Logic.

2.1 Introduction

With the advancement of technology emerges the “fourth industrial revolution” or as it is called “Industry 4.0,” but in agriculture it is known as “Agriculture 4.0,” which uses some concepts of cyber-physical systems, cloud computing, and Internet of Things (IoT) [8, 9].

J. S. de Souza · J. M. Abe (✉) · L. A. de Lima
Paulista University, São Paulo, Brazil
e-mail: jairabe@uol.com.br

J. S. de Souza
e-mail: jairabe@uol.com.br

L. A. de Lima
e-mail: aula.prof.luiz@gmail.com

K. Nakamatsu
University of Hyogo, Himeji, Japan
e-mail: nakamatu@shse.u-hyogo.ac.jp

© Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2021
K. Nakamatsu et al. (eds.), *New Developments of IT, IoT and ICT applied to Agriculture*, Smart Innovation, Systems and Technologies 183,
https://doi.org/10.1007/978-981-15-5073-7_2

11

That makes use of electronic devices and appliances, to further automate production. The use of information technology in agriculture is called Precision Farming. In 2012, the Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply (MAPA), when instituting the Brazilian Commission of Precision Agriculture (CBAP), defined the Precision Agriculture (AP) as “an agricultural management system based on spatial and temporal variation of the productive unit and seeks to increase economic return, sustainability, and minimization of the effect to the environment” [5].

One of the main requirements of precision farming is the mapping of spatial and temporal variability in production units. This variability gives rise to the emergence of the Global Positioning System known as GPS [7].

2.2 Smart Garden

A vegetable garden is a place where the typical plants are cultivated, such as vegetables, medicinal herbs, and spices. An Intelligent Garden combines the millennial art of cultivation and technology to obtain food in an automated way. With the automated irrigation system, it is possible to have a substantial reduction in water use.

The Smart Garden is ideal for those who have little space at home or apartment and want to have a garden at home or want to have an understanding of IoT in practice and low cost. It is essential to know what will be cultivated, how to prepare the soil for what is planted, and the type of irrigation system so that the plant has better absorption of the nutrients from the water. Through sensors, it will give input data and show information so that the user understands the status of the garden or even control the garden system through software or mobile application. The Garden becomes clever because it has the decision to water the plants according to the output of the data.

2.3 Paraconsistent Logic

The term “Paraconsistent” meaning “beyond the consistent” was coined in 1976 by Peruvian philosopher Francisco Miró Quesada. The Paraconsistent Logic is included among the non-classical logical calls, by defeating some of the fundamental principles of classical Logic, such as the principle of contradiction: according to the Paraconsistent Logic, a sentence and its negation can be both True.

In the mid-1950, the Polish logician S. Jaskowski and the Brazilian logician N.C.A. da Costa proposed the contradiction in the logical structure and became known as the founders of the Paraconsistent Logic [2, 4].

2.4 Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$

The Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$ (Logic $E\tau$) [1] is a class of Paraconsistent Logic that works with propositions of type $P(\mu, \lambda)$, where p is a proposition and (μ, λ) indicate the degrees of favorable evidence and contrary evidence, respectively. The pair (μ, λ) is called the annotation constant, with the values of μ and λ ranging [3] between 0 and 1. One way to represent the Paraconsistent Logic that allows perceiving the real reach thus extracting results to subsidize decision-making is found in the understanding of the diagram and its degrees of certainty and uncertainty, grouped in extreme states identified in the results and non-extreme states shown in the results (Fig. 2.1).

Table 2.1 describes the lattice symbols; they are indicated as the extreme and non-extreme states.

The Extreme states can support the irrigation system in the case of information collected in the respective sensors and analyzed to release the water flow. In the use of the Paraconsistent Logic, the result can be parameterized for each state:

- State “V” can be used to release water;
- State “F” can be used to cut water flow;
- State “T” can choose to cut water or release a room according to temperature and humidity;
- State “ \perp ” can be parameterized as cutting the flow of water until new readings of the sensors.

Fig. 2.1 Lattice with degrees of certainty and uncertainty, with adjustable limit control values, indicated on the axis [3]

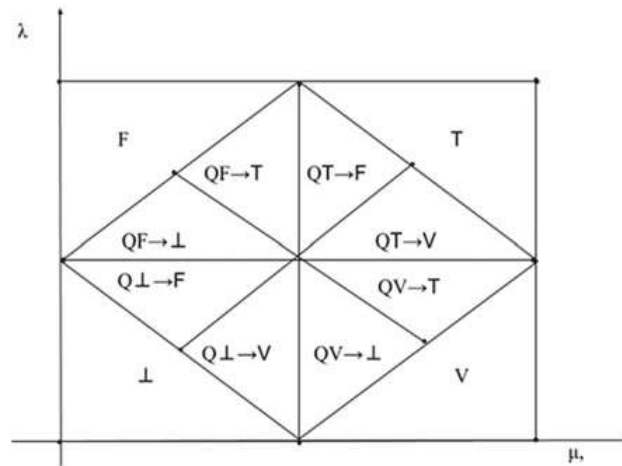


Table 2.1 Extreme states and non-extreme states

Extreme states	Symbol
True	V
False	F
Inconsistent	T
Paracomplete	\perp
Non-extreme States	
	Symbol
Quasi-true tending to inconsistent	$QV \rightarrow T$
Quasi-true tending to paracomplete	$QV \rightarrow \perp$
Quasi-false tending to inconsistent	$QF \rightarrow T$
Quasi-false tending to paracomplete	$QF \rightarrow \perp$
Quasi-inconsistent tending to True	$QT \rightarrow V$
Quasi-inconsistent tending to False	$QT \rightarrow F$
Quasi-paracomplete tending to True	$Q\perp \rightarrow V$
Quasi-paracomplete tending to False	$Q\perp \rightarrow F$

2.5 Algorithm Para-analyzer

The para-analyzer algorithm translates the paraconsistent analysis by examining the values of favorable evidence grades, opposing evidence, resulting in possible values calculations using degrees of contradiction and certainty [3] (Fig. 2.2).

**/Values Settings*/*

$$V_{UCE} = C1/*Upper limit control of certainty*/$$

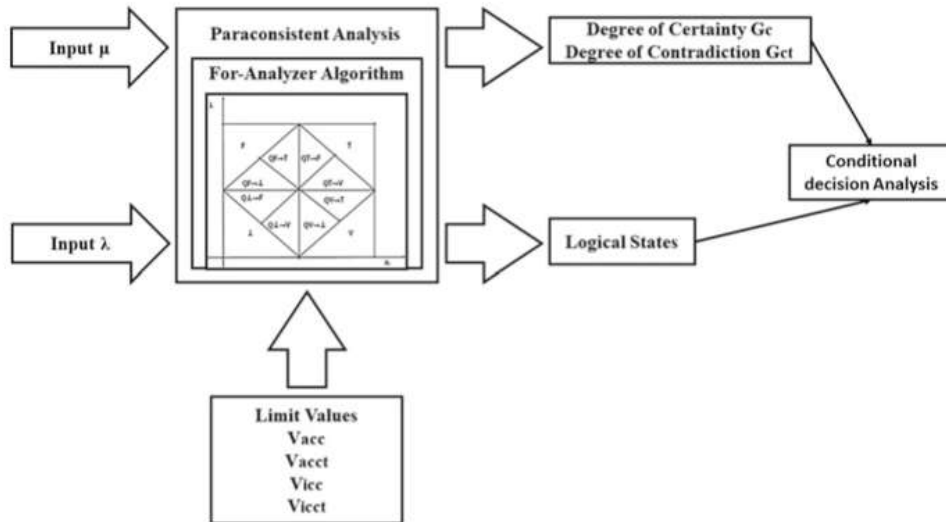


Fig. 2.2 Representation of a typical paraconsistent system. Adapted from [3, 6]

2 A Purpose of a Smart Vegetable Garden Model ...

15

$V_{LCE} = C2$ /*Lower limit control of certainty*/

$V_{UUN} = C3$ /*Upper limit control of uncertainty*/

$V_{LUN} = C4$ /*Lower limit control of uncertainty*/

***/Input Variables*/**

μ /*Favorable Evidence*/

λ /*Unfavorable Evidence*/

***/Output Variables*/**

S1 /*Discrete Output*/

S2 /*Analog Output*/

S3 /*Analog Output*/

***/Mathematical Expressions*/**

Thus: $0 \leq \mu \leq 1$ and $0 \leq \lambda \leq 1$

$D_{UN} = (\mu + \lambda) - 1$

$D_{CE} = \mu - \lambda$

***/Determination of Extreme Logical data*/**

If $D_{CE} \geq C1$ then $S1 = V$

If $D_{CE} \leq C2$ then $S1 = F$

If $D_{UN} \geq C3$ then $S1 = T$

If $D_{UN} \leq C4$ then $S1 = \perp$

***/Determination of Non-Extreme Logical data*/**

For $0 \leq D_{CE} < C1$ and $0 \leq D_{UN} < C3$

If $D_{CE} \geq D_{UN}$ then $S1 = QV \rightarrow T$

else $S1 = T \rightarrow V$

For $0 < D_{CE} < C1$ and $C4 < D_{UN} \leq 0$

If $D_{CE} \geq |D_{UN}|$ then $S1 = QV \rightarrow \perp$

else $S1 = \perp \rightarrow V$

For $C2 < D_{CE} \leq 0$ and $C4 < D_{UN} \leq 0$

If $|D_{CE}| \geq |D_{UN}|$ then $S1 = QF \rightarrow \perp$

else $S1 = \perp \rightarrow f$

For $C2 < D_{CE} \leq 0$ and $0 \leq D_{UN} < C3$

```

If  $|D_{CE}| \geq D_{UN}$  then  $S1 = QF \rightarrow T$ 
else  $S1 = T \rightarrow F$ 

 $D_{UN} = S2$ 
 $D_{CE} = S3$ 

*/End*/

```

2.6 Proposing the Model

It is essential to define the type of irrigation system to be used and the type of vegetables to be planted. In Fig. 2.3, lettuce irrigation is proposed. Through the display connected to an Arduino platform, basic information about the irrigation system, the amount of water irrigated, and the time of the next irrigation is presented.

Paraconsistent Logic assisted in decision-making to drive the irrigation system. The inputs will be picked up by sensors that measure the soil moisture and sensors that will measure the temperature; the inputs are analyzed and processed. After processing, it will perform the normalization step of the data, which is the transformation of the data captured by the sensors in a range of 0 and 1. According to the concept of Logic $E\tau$ [1], the output after the normalization determined whether the planting will be watered or not, according to the 12 states that are presented in Fig. 2.1. Given an exit of the possibility of irrigating the garden, the irrigation system will be triggered, and the water will be flowing through the PVC pipe to the plant. For the plant to better absorb the nutrients from the water, it will be used in the proposed model, the irrigation system by drip microaspiration; the system will only stop when the output informs no longer to irrigate.

By this way, the application will make possible to see the temperature of the garden, soil moisture, the status of the garden, and the option to control the irrigation system manually. The proposed project seeks to adapt to different types of vegetable gardens, such as the traditional garden, suspended, organic, and domestic, and also the types of vegetables to be grown.

2.7 Conclusion

The viability of the technological use of non-classical logics is perceived, in this case, the paraconsistent logic $E\tau$, as a support in the irrigation of the water flow, since the data collected by the sensors can be manipulated organically by such logic and that allow the application of computational mathematical models for decision making. The logic $E\tau$ provides an attractive model based on Design Thinking.

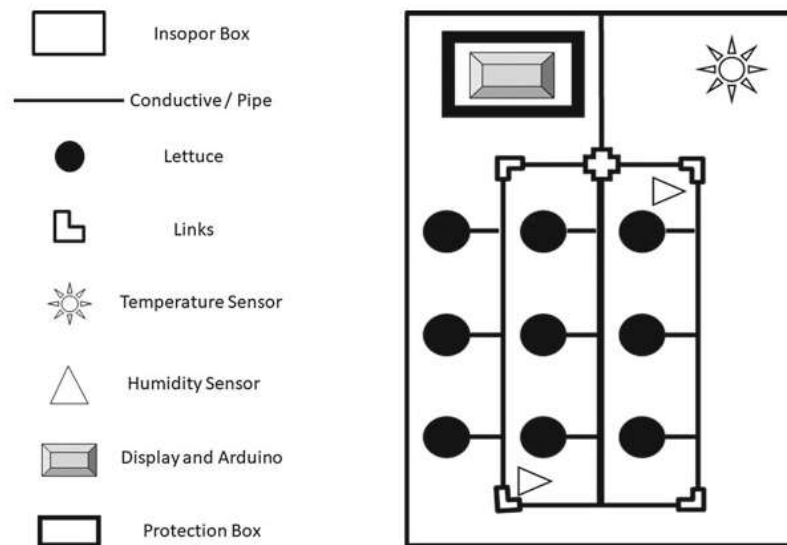


Fig. 2.3 Design thinking of the proposed model (Author)

Acknowledgments This study was partially supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Grant Code 001, Process No. 23038.013648/2018-51.

References

1. Abe, J.M.: Paraconsistent logics and applications. In: Proceedings of the 4th International Workshop on Soft Computing Applications, Budapest, Arad, vol. 18, pp. 11–18. IEEE (2010)
2. Abe, J.M. (ed.): Paraconsistent Intelligent Based-Systems: New Trends in the Applications of Paraconsistency, Germany. Intelligent Systems Reference Library, vol. 94, 309 p. Springer. ISBN 978-3-319-19721-0
3. Abe, J.M.: Introduction to Annotated Logics—Foundations for Paracomplete and Paraconsistent Reasoning. Springer International Publishing, São Paulo (2015)
4. Akama, S.: Towards Paraconsistent Engineering, Intelligent Systems Reference Library, vol. 110, 234 p. Springer International Publishing, Switzerland (2016). ISBN 978-3-319-40417-2 (Print), 978-3-319-40418-9 (Online), Series ISSN 1868-4394. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-40418-9>
5. Brasil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura de precisão/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo, 36 p. Mapa/ACS, Brasília (2013). ISBN 978-85-99851-90-6
6. Lima, L.A.: Sistema especialista AITOD baseado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E τ (in Portuguese). MSc Dissertation, Paulista University, São Paulo (2018)
7. Ray, P.P.: Internet of things for smart agriculture: technologies, practices and future direction. J. Amb. Intell. Smart Environ. **9**(4), 395–420 (2017)

8. Stafford, J.V.: Implementing precision agriculture in the 21st century. J. Agric. Eng. Res. **76**, 267–275 (2000). <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0577>
9. Zheng, L.: Technologies, applications, and governance in the internet of things. In: IoT Global Technological and Societal Trends (2011)

Apêndice 2

Este Artigo foi escrito nas normas do VII *International Workshop on Intelligent Computing Systems*.

- Jonatas S. de Souza, Jair M. Abe, Luiz A. de Lima, Liliam S. Sakamoto e Silas S. Leite. Um Modelo De Horta Inteligente Baseada Em Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$. In: *International Workshop on Intelligent Computing Systems*, 2019. VII WICS 2019. SÃO PAULO.

UM MODELO DE HORTA INTELIGENTE BASEADA EM LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EVIDENCIAL E τ

Jonatas S. de Souza, Jair M. Abe, Liliam S. Sakamoto, Luiz A. de Lima
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Paulista, São Paulo, Brasil
 jonatas.souza@stricto.unip.br, jairabe@uol.com.br, liliam.sakamoto@hotmail.com, luiz@wcisp.com.br

Resumo

Em face do crescimento urbano e com os espaços para o plantio reduzido nas grandes cidades, que provoca o aumento do consumo de água, energia e alimentação. Consequentemente é necessário se repensar em uma nova estrutura para uso do espaço urbano no que tange plantio, principalmente de áreas sem utilização. A tecnologia de informação está presente na horta inteligente, atualmente estão sendo realizados muitos estudos visando facilitar o manejo e aumentar a produtividade dos cultivos, o termo atualmente utilizado para denominar o fenômeno da implementação tecnológica no campo é conhecida como "agricultura de precisão". O objetivo deste artigo é de propor um modelo de horta inteligente baseado na lógica paraconsistente com apoio da técnica de design thinking para elaboração do projeto.

Palavras-chave: Horta inteligente, Agricultura de Precisão, Design Thinking.

Abstract

In the face of urban growth and reduced space for planting in large cities, which causes increased consumption of water, energy and food. Consequently, it is necessary to rethink a new structure for the use of urban space in terms of planting, especially of unused areas. Information technology is present in the smart garden, many studies are currently being carried out to facilitate management and increase crop productivity, the term currently used to describe the phenomenon of technological implementation in the field is known as "precision agriculture". The aim of this paper is to propose a model of intelligent vegetable garden based on paraconsistent logic supported by the design thinking technique for the elaboration of the project.

Keywords: Smart Garden, Precision Agriculture, Design Thinking.

Introdução

Com o avanço da tecnologia, surge a “quarta revolução industrial” ou como é chamada de “Indústria 4.0”, mas na agricultura é conhecido como “Agricultura 4.0”, que utiliza alguns conceitos de sistemas ciber-físicos, computação nas nuvens e Internet das coisas (IoT – *Internet of Things*) que faz o uso de dispositivos e aparelhos eletrônicos, para automatizar ainda mais a produção. O uso da tecnologia da informação na agricultura é chamado de Agricultura de Precisão.

Em 2012, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), ao instituir a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), definiu a Agricultura de Precisão (AP) como “um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” [5]. Um dos principais requisitos da agricultura de precisão é o mapeamento da variabilidade espacial e temporal nas unidades de produção. Essa variabilidade dar-se ao surgimento do Sistema de Posicionamento Global conhecido como GPS - *global positioning system* [12].

Agricultura de Precisão

Pode ser caracterizada com um sistema de gerenciamento agrícola que se baseia em variação do espaço, e utiliza várias técnicas e metodologias com o foco em otimização de algum tipo de cultivo, onde os insumos apresentam máxima eficiência para ganhos econômicos [5].

A agricultura de precisão é um conceito de gerenciamento de culturas. Deve ser implementado como tal em toda a fazenda e praticado para todas as operações de campo relacionadas ao cultivo de culturas [14]. Esta técnica não é nova, e remota da década de 80. Uma das formas é o manejo nas áreas de grão e cana-de-açúcar, sendo uma abordagem simples e rápida, com um planejamento de uma amostragem sistemática de solo, chamado grade ou grid, onde se passa a uma análise laboratorial de processamento dos dados para elaboração de mapas de aplicação, esses dados são capturados por períodos de até 15 dias, para buscar uma economia dos insumos utilizados. Outro uso e mais elaborado é uso de mapas de produtividade, mas exige mais equipamentos, maior domínio e um trabalho mais detalhado do usuário ou consultor.

A legislação ambiental internacional relativa à minimização e uso ideal de insumos e pressões do mercado para rastreabilidade e trilhas de auditoria [13] na nova década forçará os produtores a considerar seriamente a agricultura de precisão como uma solução [14]. Isso demanda tempo para construção de um complexo conjunto de dados para a viabilidade de maior produtividade. Quanto maior a quantidade de dados o processamento da informação torna-se mais consistente, assim pode-se concluir que apresentará maior viabilidade técnica.

As políticas de substituição de máquinas e equipamentos serão baseadas na utilização do equipamento o mais amplamente possível em todas as operações de campo [14].

A viabilidade apresentada pelos mapas de produtividade apresenta a relação entre as causas e efeitos, sendo de importância primordial a interpretação correta dos dados e a explicação dos fatos o ponto mais complexo. Indicar quais fatos são os que podem estar causando baixa produtividade e onde estas se manifestam, além do contexto em que deve ser aplicado [5]. Outra característica essencial da agricultura de precisão é a técnica da amostragem georreferenciada de solo, que consiste na geração de um mapa individual para cada indicador da fertilidade do solo [5].

O Sistema de Irrigação baseado em Lógica Paraconsistente substitui as decisões de gestores e mesmo de operadores de forma automatizada para uma horta inteligente, que viabiliza uma crescente necessidade, visto o aumento crescente da agricultura de precisão.

Neste projeto, também se utiliza GPS para localizar cada um desses pontos e capturar informações como as subamostras conforme será abordado a seguir para se tirar a conclusão da necessidade de irrigação automática ou não.

Estão sendo associadas à aplicação de fertilizantes, também analisam técnicas para mensurar alguma característica da planta da horta inteligente, bem como do solo no sentido de inferir nos aspectos de intervenção em tempo real, por meio de dispositivo automatizado via IoT– *Internet of Things*.

Horta Inteligentes

Uma horta é um local em que serão cultivadas plantas típicas para o plantio, tais como hortaliças, legumes, ervas medicinais e temperos. Uma horta inteligente une a arte milenar do cultivo e a tecnologia com objetivo de obter os alimentos de forma automatizada. Com o sistema de irrigação automatizado consegue-se ter uma grande

redução no uso da água. Além disso a horta inteligente cria um “*Green Space*”, ou seja, espaço verde dentro de cidades com poucas áreas cultiváveis, isso proporciona um bem-estar físico e mental para quem se utiliza desse tipo estrutura, com diminuição de ilhas de calor, otimização de espaços em edifícios e queda da poluição ambiental [11].

A horta inteligente é ideal para quem tem pouco espaço em casa ou apartamento, e quer ter uma horta em casa ou quer ter o entendimento de IoT na prática e de baixo custo. É importante saber o que será cultivado e como preparar o solo para o que for plantado, o tipo de sistema de irrigação para que a planta tenha melhor absorção dos nutrientes da água. Através de sensores que darão dados de entradas e mostraram informações de forma que o usuário entenda como está o status da horta ou até controle do sistema da horta via um software ou aplicativo mobile. A horta se torna inteligente porque toma a decisão de regar as plantas de acordo com a saída dos dados [11].

Até mesmo empresas como a Dow Química possui uma horta em seu telhado dentro da sua sede em São Paulo, onde existe o plantio e o desenvolvimento de 42 espécies de plantas. Esta horta serve cerca de 1000 refeições por dia para seus funcionários e os resíduos alimentícios são reaproveitados para um sistema de compostagem (adubo orgânico). Esta ação reduz a emissão de CO₂ (conhecido como dióxido de carbono, anidrido carbônico ou gás carbônico) entre os prédios, principalmente quando existem ilhas de calor que precisam ser dissipadas dentro dos centros urbanos. Esta horta venceu um *Hackathon* do PNUD (Programa para Nações Unidas para Desenvolvimento) em 2017 [11].

Empresas montadoras de carro e de pequeno porte também estão tomando iniciativas para se utilizarem de espaços vagos para implementar iniciativas que proporcionem a sociedade melhoria da qualidade de vida, tanto do aproveitamento de estruturas, quanto na aposta do cultivo para inclusão social, diminuição de resíduo (lixo) e complementação de renda. Pois até 2030, este tipo de ação pode levar a sustentar a renda de 40% da população mais pobre, além de reduzir o impacto negativo per capita das cidades [11]. As comunidades de bairro, escolas e condomínios são pontos de desenvolvimento para este tipo de horta que pode utilizar pequenos espaços vagos.

A proposta desse estudo só necessita de um funcionário para fazer o monitoramento de uma hora comum como a implantada nessas empresas (cerca de sete eram necessários), existe a otimização com a utilização da tecnologia IoT para irrigação automática e captação de dados para desenvolvimento e cuidado das plantas, inicialmente para hortaliças.

IOT – Internet of Things ou Internet das Coisas

Quando Kevin Ashton em 1999 comentou sobre a conexão de equipamentos e estabeleceu a base para IoT – *Internet of Things* ou Internet das Coisas, este tipo de concepção era quase impossível, pois as implementações ainda não eram visíveis para tecnologia da época, visto que ele queria fazer com que todas as coisas no mundo estivessem interligadas [7].

Conceitualmente, a IoT pode conectar coisas e fazer com que elas possam transmitir informações aproveitáveis para um devido fim. A IoT poderá interconectar: objetos e pessoas; utilizar sensores para capturar informações e compartilhar informações digitais que trafegam em rede. Estas são apenas algumas formas de conexão atualmente desenvolvidas que permitem uma infinidade de utilizações.

Ao citar a conexão de objeto com pessoas os primeiros testes foram realizados em indústrias, onde a IoT se espalhou rapidamente com a conexão de equipamentos industriais, tais como turbinas a gás de automóveis e medidores de utilitários. Agora existem *Smartwatch* que conectam as informações de pressão arterial, pulsação e quantidade de quilômetros andados ou corridos à uma interface digital que apresenta os dados e mostra o quadro de saúde da pessoa [7].

Enquanto um objeto foi configurado para capturar dados este deve ser conectado a um ou vários sensores que desempenharão o papel de monitoração de: um local, da vibração, da conexão, de uma movimentação, de uma temperatura, entre outras finalidades. E esses dados devem servir como entrada de informações, que serão processadas e interpretadas conforme sua especificação.

Para os casos de compartilhamento de informações o IoT deve ser capaz de transmitir os detalhes sobre determinada situação para pessoas, sistemas e até outros equipamentos, podendo ser transmitido em tempo real ou enviado conforme determinação temporal, ou seja, configurando-se o período de captura para uma análise mais assertiva. Basicamente esta funcionalidade deve ser capaz de identificar os dados, capturá-los de forma íntegra, analisá-los, bem como gerenciá-los e guardá-los para criação de um banco de conhecimentos com maior riqueza de detalhes.

Deve-se levar em consideração os três pontos principais de um IoT, que são: Comunicação, Controle e Automação e Custos reduzidos. Por causa desses parâmetros, existe uma alta procura das empresas para a criação de IoT próprios e que tragam inovação para seu core business.

Na Comunicação é importantíssimo foco atualmente na área de saúde e qualidade de vida, pois a integridade das informações transmitidas e seu consequente modo de interpretação passam a ser fator determinante. Para o Controle e a automação existe o foco da informação ser controlada a distância e com a determinação da não necessidade de verificação em loco. Já quanto aos Custos Reduzidos, percebe-se que a utilização de um IoT barateia o custo de contratação de pessoas, ou manutenção de profissionais alocados fisicamente para determinada atividade, sendo substituído por um sensor captador de informações e um transmissor para uma base em nuvem. Além do que podem também substituir medições feitas por pessoas em níveis de combustíveis, podendo medir tempo de vida de equipamentos e alguns sensores podem equilibrar as determinadas situações de variações muito mínimas que a um profissional in loco poderia passar despercebido. Um estudo da CISCO prevê que existirão 50 bilhões de equipamentos interligados à IoT [7] [16].

Existem sensores especializados que foram amadurecidos para: monitorar o desempenho de algum equipamento, fazer a medição da temperatura do ar e medir níveis de volume de produtos químicos, observando como um simples sensor pode realizar atividades que incide em uma grande diferença em algumas empresas. A implementação em uma empresa para a IoT para sensores, deve possuir:

- Definição do tipo de sistema IoT;
- Determinação do valor para o negócio;
- Conseguir a aprovação de um stakeholder ou angariar fundos para o desenvolvimento do sistema;
- Classificar os dados que o sensor captará;
- Desenhar a infraestrutura de rede;
- Rever a condição ambiental;
- Definir as necessidades espaciais e elétricas;
- Verificar a segurança dos dados do IoT;
- Alinhamento de governança corporativa;
- Projeção de escalabilidade;
- Integração e gerenciamento do IoT;
- Estabelecer um modelo;
- Planejamento de recursos.

Nessa proposta serão capturadas as informações da horta inteligente por meio de sensores e transmitidos por Wi-Fi.

Lógica Clássica

Aristóteles abordou os fundamentos da lógica clássica, e sua visão é admitida como única ainda por várias áreas da ciência. Essa lógica também é chamada de lógica padrão, onde a semântica da lógica clássica é bivalente, sendo o núcleo da lógica dedutiva. O princípio da bivalência está ligado somente quando se considera a álgebra booleana como sendo de dois elementos, sem elementos intermediários. Os princípios básicos que caracterizam a Lógica Clássica são da Identidade, da Contradição e do Terceiro Excluído. Existem ainda outras lógicas complementares a lógica clássica, como: modal, deôntica e epistêmica.

Lógica Não-Clássica

Este tipo de lógica não-clássica é computacional, na qual a teoria formal semântica em oposição à lógica clássica. Pode-se tomar como exemplo as lógicas: paracompletas e intuicionistas, estas suprimem princípio do terceiro excluído. As paraconsistentes abolem o princípio da contradição e as não-aléticas suprimem o terceiro excluído e o da contradição. Enquanto as lógicas não-reflexivas eliminam o princípio da identidade. Além dessas, existem as lógicas probabilísticas, polivalentes, fuzzy-logic também.

Lógica Paraconsistente

O termo "paraconsistente" significa "além do consistente" foi cunhado em 1976, pelo filósofo peruano Francisco Miró Quesada. A Lógica Paraconsistente inclui-se entre as chamadas lógicas não-clássicas, por derogar alguns dos princípios fundamentais da Lógica clássica, tais como o princípio da contradição: segundo a Lógica Paraconsistente, uma sentença e a sua negação podem ser ambas verdadeiras [10].

A Lógica Paraconsistente apresenta alternativas a proposições, cuja conclusão pode ter valores além de verdadeiro e falso - tais como indeterminado e inconsistente. 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.

Um Modelo de Horta Inteligente baseada em Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

Em meados da década de 1950, o polonês S. Jaskowski e o matemático lógico Newton Carneiro Affonso da Costa (Paraná, 1929) propuseram a contradição na estrutura lógica e ficaram conhecidos como os fundadores da Lógica Paraconsistente.

Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et (Lógica Et) [1] é uma classe de Lógica Paraconsistente que trabalha com proposições do tipo $p(\mu, \lambda)$, onde p é uma proposição e (μ, λ) indicam os graus de evidência favorável e evidência contrária respectivamente. O par (μ, λ) é chamado de constante de anotação, com os valores de μ e λ sendo limitados [3] entre 0 e 1.

Uma forma de representar a lógica paraconsistente que permite perceber o alcance real assim extrair resultados para subsidiar a tomada de decisão, se depara com a compreensão do diagrama e seus graus de certeza e incerteza, agrupados em estados extremos identificados nos resultados, e estados não-extremos mostrados nos resultados.

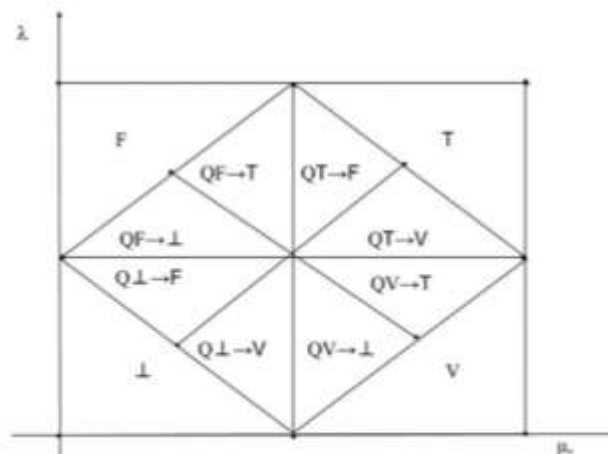


Figura 1 - Gráfico Cartesiano com graus de certeza e incerteza [3].

Na tabela 1 descreve os símbolos da figura 1, eles são indicados como os estados extremos.

Tabela 1 - Estados Extremos

Estados Extremos	Símbolos
Verdadeiro	V
Falso	F
Inconsistente	T
Paracompleto	⊥

Um Modelo de Horta Inteligente baseada em Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

Os estados extremos podem apoiar o sistema de irrigação em se tratando de informações coletadas nos respectivos sensores e analisadas para liberação do fluxo de água. No uso da lógica Paraconsistente o resultado pode ser parametrizado para cada estado:

- Estado "V" pode ser usado para liberar água;
- Estado "F" pode ser usado como corte do fluxo de água;
- Estado "T" pode optar em cortar água ou liberar um quarto conforme temperatura e umidade;
- Estado "⊥", pode ser parametrizado como corte do fluxo de água até novas leituras dos sensores.

A tabela 2 descreve os símbolos da figura 1, eles são indicados como os estados não extremos.

Tabela 2 - Estados Não Extremos

Estados Não Extremos	Símbolos
Quase Verdadeiro tendendo Inconsistente	$QV \rightarrow T$
Quase Verdadeiro tendendo Paracompleto	$QV \rightarrow \perp$
Quase Falso tendendo Inconsistente	$QF \rightarrow T$
Quase Falso tendendo Paracompleto	$QF \rightarrow \perp$
Quase Inconsistente tendendo Verdadeiro	$QT \rightarrow V$
Quase Inconsistente tendendo Falso	$QT \rightarrow F$
Quase Paracompleto tendendo Verdadeiro	$Q\perp \rightarrow V$
Quase Paracompleto tendendo Falso	$Q\perp \rightarrow F$

Diante do conhecimento explorado pela Lógica Et, e com o método paraconsistente de decisão (MPD), formata-se um cenário repleto de possibilidades no apoio à tomada de decisão em particular, neste trabalho de ajudar gestores em decidir a recontagem do projeto na técnica de ponto de função. Inclusive, garante-se a possibilidade de mitigar inúmeras defesas entre clientes e fornecedores.

As etapas descritas [6] têm como objetivo facilitar o entendimento da aplicabilidade da Lógica Et.

1. Definição: listar as informações necessárias para auxiliar na tomada de decisões.
2. Transformação: Devem-se traduzir dados que sirvam como entradas para o processamento da Lógica Et.
3. Cálculo

Um Modelo de Horta Inteligente baseada em Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

3.1. Calcular Maximização MaxEf (μ): Em cada dado coletado como evidência favorável (μ), use o maior valor entre eles para representar a maximização da evidência favorável (μ).

3.2. Calcular MinEd Minimização (λ): Em cada dado coletado como evidência desfavorável (λ), use o menor valor entre eles para representar a minimização da evidência desfavorável (λ).

3.3. Calcular Evidência ResultingMinEf (μ): O resultante deve ser usado quando os dados são agrupados por especialistas e precisam cruzar entre suas entidades (clientes X fornecedores). Em cada dado coletado como evidência favorável (μ), use o menor valor (por seções) entre cliente e fornecedores para representar o resultado de minimizar evidência favorável (μ). Exemplo 1: o menor valor entre evidências favoráveis (μ) cliente e evidência favorável (μ) fornecedores.

3.4. Calcular Resultante EvidenceMaxEd (λ): O resultante deve ser usado quando os dados são agrupados por especialistas e precisam cruzar entre suas entidades (clientes X fornecedores). Em cada dado (por seções) coletado como evidência desfavorável (λ), use o maior valor (por seções) entre cliente e fornecedores para representar o resultado da maximização da evidência desfavorável (λ). Exemplo 1: maior valor entre evidência desfavorável (λ) cliente e evidência desfavorável (λ) provedores.

3.5. Calcular o Grau de certeza (Gce): Com base nas evidências (por seções) coletadas, deve ser possível calcular o grau de certeza, pois se consegue fazer a diferença entre a evidência favorável (μ) e a evidência desfavorável (λ) o grau de certeza (Gce). Exemplo 1: $Gce = (\mu) - (\lambda)$.

3.6. Calcular o Grau de Contradição (Gco): Com base nas evidências (por seções) coletadas, deve ser possível calcular o grau de contradição, pois se consegue fazer a soma entre a evidência favorável (μ) e a evidência desfavorável (λ), usando o resultado da soma na extração de uma unidade (1), assim obtendo o Grau de Contradição (Gco). Exemplo 1: $Gco = (\mu + \lambda) - 1$.

3.7. Calcular Global Certainty Analysis (BGce): Com base nos graus (por seções) de certeza calculados, deve ser possível calcular a Análise Global como a média aritmética dos graus de certeza e, assim, resultar na Análise Global do Grau de Certeza (BGce). Exemplo 1: $BGce = \Sigma Gce / Gce \text{ Quantidade}$.

3.8 Análise Global de Grau de Contradição (BGco): Com base nos graus (por seções) da contradição calculados, deve ser possível calcular a Análise Global como a

média aritmética dos graus de contradição e, assim, resultar na Análise Global do Grau de Contradição (BGCo). Exemplo 1: $BGCo = \Sigma GCo / \text{Quantidade de GCo}$.

4. Parametrização: são os limites que definem as regiões para análise (valores altos o suficiente para serem considerados), independentemente dos princípios lógicos.

4.1. Limite de parametrização TLV (True Limit Value): São condições parametrizadas pelo engenheiro do conhecimento com o objetivo de obter respostas aceitáveis como verdadeiras, nas condições em que o valor do grau for menor, maior ou igual ao valor do parâmetro.

4.2. Limite de parametrização FLV (False Limit Value): Estes parâmetros são parametrizados pelo engenheiro de conhecimento para obter respostas aceitáveis como falsas, nas condições em que o valor do grau for menor, maior ou igual ao valor do parâmetro.

4.3. Limite de parametrização PLV (Paracomplete Limit value): Estes parâmetros são estabelecidos pelo engenheiro de conhecimento com o objetivo de obter respostas aceitáveis como paracompleto total, nas condições em que o valor do grau for menor, maior ou igual ao valor do parâmetro.

4.4. Limite parametrizado ILV (Inconsistent Limit Value): São condições parametrizadas pelo engenheiro do conhecimento com o objetivo de obter respostas aceitáveis como inconsistentes, nas condições em que o valor do grau for menor, maior ou igual ao valor do parâmetro.

5. Processamento: Nesta etapa, o objetivo deve ser executar o algoritmo do Analisador de Parâmetros para obter os parâmetros de acordo com a entrada dos dados.

6. Tomada de Decisão: Nesta etapa, o objetivo deve ser analisar o grau de contradição, que pode ter valor para cima e para baixo. Na existência de um alto grau de contradição (Gco), indica que não há certeza para auxiliar a tomada de decisão e, portanto, pode ser preciso buscar novas evidências. Já na existência de um baixo Gco, juntamente com um alto Gce, isso indica a possibilidade de uma análise conclusiva sobre a proposição.

Algoritmo Para-analisador

O algoritmo para-analisador traduz a análise paraconsistente por meio do exame dos valores dos graus de evidência favorável, evidência contrária, resultando em possíveis cálculos de valores utilizando graus de contradição e de certeza [3].

***/ Definições dos valores*/**

$V_{scc} = C_1$ */ Definição do valor superior de controle de certeza

$V_{icc} = C_2$ */ Definição do valor inferior de controle de certeza

$V_{sci} = C_3$ */ Definição do valor superior de controle de contradição

$V_{ici} = C_4$ */ Definição do valor inferior de controle de contradição

***/ Variáveis de entrada*/**

μ_1

μ_2

***/ Variáveis de saída */**

S_1 */ Saída discreta

S_{2a} */ Saída analógica

S_{2b} */ Saída discreta

***/ Expressões Matemáticas*/**

Sendo: $0 \leq \mu_1 \leq 1$ e $0 \leq \mu_2 \leq 1$

$$G_{ct} = \mu_1 + \mu_2 \cdot 1$$

$$G_c = \mu_1 \cdot \mu_2$$

***/ Determinação dos dados Lógicos Extremos*/**

Se $G_c \geq C_1$ então $S_1 = V$

Se $G_c \leq C_2$ então $S_1 = F$

Se $G_{ct} \geq C_3$ então $S_1 = T$

Se $G_{ct} \leq C_4$ então $S_1 = \perp$

***/ Determinação dos dados Lógicos Não Extremos*/**

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$

se $G_c \geq G_{ct}$ então $S_1 = QV \rightarrow T$

senão $S_1 = T \rightarrow V$

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$

se $G_c \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = QV \rightarrow \perp$

senão $S_1 = \perp \rightarrow V$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$

se $|G_c| \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = QF \rightarrow \perp$

senão $S_1 = \perp \rightarrow f$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$

se $|G_c| \geq G_{ct}$ então $S_1 = QF \rightarrow T$

senão $S_1 = T \rightarrow F$

$G_{ct} = S_{2a}$

$G_c = S_{2b}$

***/FIM*/**

Design Thinking

Considerada uma ferramenta que pode ser aplicada na prática com foco em integração de habilidades e mentalidade de forma inovadora para empresas, bem como para o ensino. Apresenta um processo que une a empatia, a criatividade e a racionalidade para concluir as necessidades do usuário para criar soluções com excelência e inovação.

Os pilares do *Design Thinking* são: empatia, colaboração e experimentação [15]. Para o desenvolvimento da empatia deve-se colocar na posição do outro para conseguir atingir o objetivo para se imaginar as mesmas circunstâncias. Já a colaboração está ligada à criação conjunta com a soma de experiências da equipe. Enquanto ao se referir a experimentação ocorre um aprendizado prático.

São cinco as etapas do *Design Thinking*: Empatia ou Imersão, Definição (Análise e Síntese), Ideação, Prototipação e Teste (Validação/Implementação).

1. Empatia: é essencial para os profissionais que utilizam o Design Thinking, onde o objetivo é entender melhor o usuário e suas necessidades.
2. Definição: deve-se fazer a análise e síntese do problema que utilizam um produto ou um serviço.
3. Ideação: deve-se entender as necessidades e os problemas dos usuários, passando a criação de ideias para o desenvolvimento do produto. A técnica do Brainstorming pode ser utilizada para estímulo desse processo criativo.
4. Prototipação: é quando se elabora um protótipo para que os usuários possam testar o produto.
5. Teste: deve-se fazer a validação e a implementação, pois depois da criação do protótipo, caso ainda existam problemas deve-se retornar a fase de Definição para análise de problemas.

Neste projeto está metodologia será utilizada para criação do modelo da horta inteligente, onde:

- I. Empatia: deve-se verificar qual a necessidade do usuário referente ao tipo de horta inteligente.

- II. Definição: ao analisar-se as atividades da horta pode-se identificar alguns problemas na captura dos dados para uma irrigação assertiva.
- III. Ideação: deve-se realizar a junção de ideias por meio de brainstorming para o grupo de trabalho que atuará no projeto da horta inteligente, para estimular o processo criativo.
- IV. Prototipação: é quando se desenvolve o protótipo do projeto.
- V. Testes: deve-se avaliar a implementação do Sistema de Irrigação da Horta Inteligente.

Utilização do Modelo

O desenvolvimento do projeto da horta inteligente utilizou as etapas do *Design Thinking* conforme descrito anteriormente. É importante definir o tipo de sistema de irrigação a ser usada e o que será plantado, na figura 2 é proposto a alface, através do display conectado a uma plataforma Arduino mostrara informações básicas sobre o sistema de irrigação, quantidade de água irrigada, e tempo da próxima irrigação.

A Logica paraconsistente auxiliara na tomada de decisão para o acionamento do sistema de irrigação, as entradas serão captadas por sensores que medirão a umidade do solo e sensores que medirão a temperatura, as entradas serão analisadas e processada. Após o processamento, executará a etapa de normalização dos dados, que é a transformação dos dados captados pelos sensores em um intervalo de 0 e 1. de acordo com o conceito da Lógica Et [1], o resultado da normalização determinara se o plantio será regado ou não, de acordo com os 12 estados que são apresentados na figura 1.

Dada uma saída com a possibilidade de irrigar a horta, o sistema de irrigação será acionado, a água será conduzida pelo cano de PVC até a planta. Para que a planta absorva melhor os nutrientes da água, será utilizado no modelo proposto o sistema de irrigação por microaspersão de gotejamento, o sistema só vai parar quando a saída informar que não precisa mais irrigar.

Um Modelo de Horta Inteligente baseada em Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

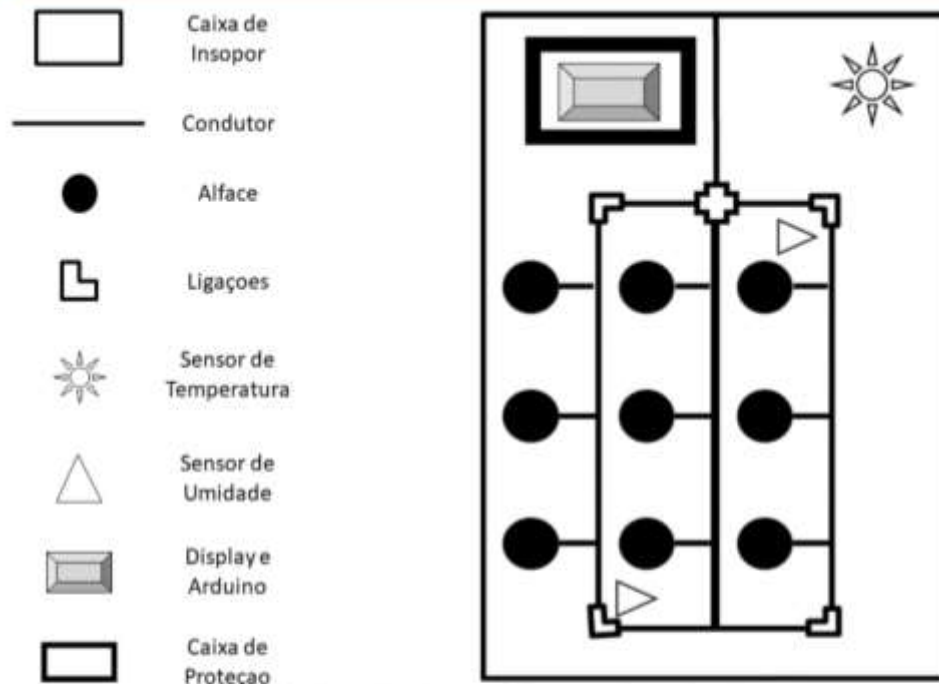


Figura 2 - Design Thinking do modelo proposto (Fonte: Autor)

Conclusão

Percebe-se a viabilidade do uso tecnológico da Lógica Et como apoio na irrigação do fluxo de água por tratar-se de dados coletados em sensores que possibilitam aplicar modelos matemáticos computacional para tomada de decisão. Propõe-se um modelo viável explanado através do Design Thinking.

Referências

- [1]. ABE, Jair Minoro. **Paraconsistent Logics and Applications**. [Conferência] // Proceedings of the 4th International Workshop on Soft Computing Applications. - Budapest, Arad.: IEEE, 2010. - Vols. p.18, - pp. pp. 11–18.
- [2]. Abe, J. M., S. Akama e K. Nakamatsu, **Introduction to Annotated Logics - Foundations for Paracomplete and Paraconsistent Reasoning**, Series Title Intelligent Systems Reference Library, Switzerland: Springer International Publishing, 2015.
- [3]. Abe, J. M., **Paraconsistent Intelligent Based-Systems: New Trends in the Applications of Paraconsistency**, Germany: Springer, 2015.

- [4]. Akama, S. **Towards Paraconsistent Engineering**, Intelligent Systems Reference Library, Germany: Springer, 2016.
- [5]. Brasil. **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. ISBN 978-85-99851-90-6.
- [6]. Lima, Luiz Antonio. **Sistema especialista AITOD baseado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et** / Luiz Antonio de Lima. - 2018. 98 f.: il. color. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2018.
- [7]. Lopez Research. **IoT Research**. [Online]. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/brand/iot/iot/pdfs/lopez_research_an_introduction_to_iiot_102413_final_portuguese.pdf. [Acessado: 05-out-2019]
- [8]. L. Zheng, "Technologies, applications, and governance in the internet of things," *IoT Global Technological and Societal Trends*, 2011.
- [9]. Magrani, Eduardo. **A internet das coisas** – Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.
- [10]. N. C. A. DA COSTA, J. M. ABE, A. MUROLO e J. I. & L. C. F. S. DA SILVA FILHO, **Lógica paraconsistente aplicada**, São Paulo: Atlas, 1999.
- [11]. PLANT, **Fazenda Urbana**. [Online]. Disponível em: <https://www.plant.eco.br/a-plant>. [Acessado: 05-out-2019].
- [12]. Ray, Partha Pratim. **Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction**. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 9, no. 4, pp. 395-420, 2017
- [13]. Serbena, Cesar Antonio **Revista da Faculdade de Direito – UFPR**, Curitiba, n.55, p.185-204, 2012.

- [14]. STAFFORD, J. V. **Implementing Precision Agriculture in the 21st Century**. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 76, p. 267-275, 2000. <http://dx.doi.org/10.1006/jaer.2000.0577>.
- [15]. J. P. Roberts, T. R. Fisher, M. J. Trowbridge, e C. Bent, “**A design thinking framework for healthcare management and innovation**”, *Healthcare*, vol. 4, no 1, p. 11–14, mar. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.hjdsi.2015.12.002>
- [16]. “**Over 5 Billion Wireless Connectivity Chips Will Ship in 2013, Broadcom and Qualcomm are the Leading Suppliers**”. [Online]. Disponível em: <https://www.abiresearch.com/press/over-5-billion-wireless-connectivity-chips-will-sh/>. [Acessado: 05-out-2019]

ANEXOS

Anexo 1

Este Artigo foi escrito nas normas Procedia Computer Science

- Luiz A. de Lima, Jair M. Abe, Angel A.G. Martinez, Jonatas Santos, Giovanna Albertini, Kazumi Nakamatsu, The Productivity Gains Achieved in Applicability of The Prototype AITOD with Paraconsistent Logic in Support in Decision-Making in Project Remeasurement. *PROCEDIA COMPUTER SCIENCE*, v. 154, p. 347-353, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2019.06.050>



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Procedia Computer Science 154 (2019) 347–353

Procedia
Computer Science

www.elsevier.com/locate/procedia

8th International Congress of Information and Communication Technology, ICICT 2019

The Productivity Gains Achieved In Applicability of The Prototype AITOD with Paraconsistent Logic in Support in Decision-Making in Project Remeasurement.

Luiz A. de Lima^a, Jair M. Abe^b, Angel A. G. Martinez^c, Jonatas Santos^d, Giovanna Albertini^e, Kazumi Nakamatsu^{f,*}

^aGraduate Program in Production Engineering Paulista University(UNIP), São Paulo/SP luz@swcisp.com.br, Brazil

^bGraduate Program in Production Engineering Paulista University(UNIP), São Paulo/SP jairabe@uoi.com.br, Brazil

^cGraduate Program in Production Engineering Paulista University(UNIP), São Paulo/SP augmartinez@gmail.com, Brazil

^dGraduate Program in Production Engineering Paulista University(UNIP), São Paulo/SP jonatas1116@gmail.com, Brazil

^eGraduate Program in Production Engineering Paulista University(UNIP), São Paulo/SP anne.albertini@live.com, Brazil

^fSchool of Human Science and Environment/H.S.E University of Hyogo, Hyogo nakamatsu@shsc.u-hyogo.ac.jp, Japan

Abstract

This paper addresses the subject of software measurement, namely, the method of Function Point Analysis, which consists in functionally sizing the software. The sizing activity held between customer specialists and suppliers causes disagreements because it involves multiple vague factors that are difficult to quantify. This paper aims to develop the AITOD- Intelligent Decision-making Support system, based on Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et. This system aims to contribute to the decision-making process of managers. Such methodology has as a precept the materialization of artefacts derived from concepts. The AITOD product has achieved significant improvements in the process of mitigating project recounts. Through the AITOD system, it was verified that 46 projects would result in approval of 28.57% of the projects, 50 projects would result in approval of 64.10% of the projects. With these results, companies would avoid unnecessary expenses and rework. In the scope of the innovative project, the results achieved on the reduction of values spent on project recounting stands out, being proved the viability of the AITOD product.

© 2019 The Authors. Published by Elsevier Ltd.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Selection and peer-review under responsibility of the 8th International Congress of Information and Communication Technology, ICICT 2019.

* Corresponding author : Kazumi Nakamatsu

Email: nakamatsu@shsc.u-hyogo.ac.jp

1877-0509 © 2019 The Authors. Published by Elsevier Ltd.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Selection and peer-review under responsibility of the 8th International Congress of Information and Communication Technology, ICICT 2019.

10.1016/j.procs.2019.06.050

Keywords: Software Measurement; Function Point Analysis; Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et; Parametric Algorithm; Paraconsistent Decision Method

1. Motivation to use Function Points (FP)

In general, timely, budget-oriented, error-free projects are not often found between orders delivered by software factory suppliers because they are primarily underestimated and inaccurate in initial estimates. Thus, in response to the losses, it is proposed to analyze point-of-function [16][18][19][24][26][27] counting samples, contained and stored in historical consulting bases, during the two-year life cycle of the project.

Therefore, it is motivated to define as general purpose the analysis of software building tools, making it possible to apply web technologies in a programming language in the development and implementation [9] of the AITOD (Intelligent Decision-Making Support) product based on requirements elicitation [28]. Projects can be identified in three categories: project application, project development and, finally, project improvement. In the type of application project, we only have to count in a system that exists, and that must be installed in computational environments. The innovation generates the need to follow concepts applied in the type of development project [9], which is characterized by the absence of a built system. One should even have the definition of which computer technology park should be installed since it is a new project. This type has another strong characteristic because we cannot measure something that does not exist, leaving only the possibility of estimating the function point [16][18][19][24]. The improvement project addresses the need for changes made in application projects since only something that exists can be altered.

Every formal process recognized as best market practices aim to add quality to the product and services in the market segments. In order to contribute to the fulfillment of the demands of software projects, software engineering was used as one of the pillars in this study. In particular, the measurement of the proposed software and project management was used [8][10][12][25]. Therefore, the counting process in function point analysis offers the measurement of software as a standardized way between national and international companies. The international acceptance is because there are groups that guarantee the normalization of the rules and keep it updated in the manual of practices.

2. Paraconsistent Logic

Paraconsistent Logic is part of the non-classical logical calls [1], because it contains provisions contrary to some of the basic principles of Aristotelian Logic, as the principle of contradiction. This new logic emerged with the recognition of the Polish logician Jan Łukasiewicz Lvov, born in 1878, and the Russian philosopher Nicolai Alexandrovich Vasilév, born in 1910, considered to be predecessors of the Paraconsistent Logic, also known as the Imaginary Logic. In mid-1948, the Polish logician S. Jaśkowski published studies on paraconsistent propositional calculus. In the mid-1950s, Jaśkowski and the Brazilian logician N.C.A. da Costa proposed the contradiction in the logical structure and became known as the founders of Paraconsistent Logic. Newton Carneiro Affonso da Costa proposed, in 1954, predicates, logics of higher order (set theory). In the contemporary world, it is increasingly necessary to maintain the constant use in applications with Classical Logic embedded in computational equipment that allow us to obtain only two results in a binary form (0 or 1), or even qualitatively, good or bad. However, there are other logics known as non-classical that allow treating several results, such as: possible, probable and remote. This is the opposite of Classical Logic, which allows only two results. This Logic can be seen in [3][5] since it is formalized and synthesized by a paraconsistent decision method. Faced with the search for success, we find the path of non-classical Logic, applied in decision-making, proposed by ABE [1] in eight stages.

Advanced scientific studies [2] contribute significantly to the construction of proposals to treat information that is discarded to a certain extent in the final decision-making. The underlying logic applied to formal systems known as

Paraconsistent Logic [3] is born. This proposal focuses on the treatment of situations encountered in the decision-making process.

Given the knowledge explored by the Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et, and with the paraconsistent decision method (MPD) proposed in the studies [3], a scenario is framed with possibilities to support decision-making in particular, in this work of assisting managers in deciding the recount of the project in the function point [16][18][19][26][27] technique. Also, it ensures the possibility of mitigating many defenses between customers and suppliers.

In the understanding of the Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et, we apply computational techniques with the use of the Para-Analyzer Algorithm. In studies done by researchers, the computational technique known as the Para-Analyzer Algorithm was applied [3], which aims to support the analysis of propositions. However, it has been realized that, in order to accurately analyze such a proposition, limit values must be taken into account both for control of certainty and control over contradiction, which are not bound to logical principles. These values are known as the upper control value of certainty, lower value of control of certainty, the upper value of control contradiction, and lower value of control of contradiction. The Para-Analyzer algorithm translates the paraconsistent analysis by examining the values of the degrees of favorable evidence, contrary evidence, resulting in possible calculations of values using degrees of Contradiction and Certainty [3]. The expert system developed is based on the Para-Analyzer tool, which performs information processing of projects counted in function points. In this way, it is possible to aid decision-making in choosing which projects should have defenses (recount), using function point analysis [16][18][19][24][26][27].

3. Real Data for Analysis

The first stage of the research is in the analysis of data provided by the visit to the company WINFORMA consulting, and this phase contains projects counted by numerous specialists in function point. Significant benefits are expected for companies and suppliers (software factory) in the acquisition/construction of new systems. Thus, it is interesting to use the repository of counts made in the banking niche, where it resulted in many defenses that could be avoided, thereby reducing project costs. In the second stage, the research is developed using technologies in software development [9], web environment, database management system, angular [15][17][21] programming languages [11], Java [6][20] and Artificial Intelligence with Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et [4].

Lastly, in the last step, we seek to design [29] a solution that will support managers in decision-making in defining whether there will be a project recount or approve and continue in the development of the project. In order to proceed with the AITOD solution, the MPV technique was applied [13]. The following applicable criteria.

4. Innovation in Decision-Making

The data collected during the work reflected information from the banking segment of (new) projects measured at function point [16] and resulted in the database containing new projects that generated the need for numerous defenses between the period from 2015 to the first half of 2018.

In front of the database formatted with data necessary to foment tests, information without confidential data was used, since they only contain values of function point counts [14]. The following data were initially defined, which only concern the count in function point analysis [16]:

- Project code: project identifier.
- Functionality: functional requirements identified by the CFPS.
- Type of data: taking into account the use of the APF technique (ALI, IEA).
- Type of transaction: considering the use of APF technique (EE, CE, SE).
- TPF: Total value of function points not adjusted by the project.
- MC: Maximum value in function points counted by CFPS.
- CFPS: identifier of the specialist professional.

The records found in the databases reflect, in their entirety, defenses (recounting) of projects, since it is assumed that all projects must be recounted.

One way to allow a better understanding of the system to be measured is to use project management [12] and software engineering [10][25] management methodologies [10][25] in order to elicit, with the client, information of all types of requirements to formalize in systems modeling using the Unified Modeling Language - UML technique [10].

The MVC (Model-View-Controller) architecture [7] reinforced the AITOD system's three-layered implementation:

- Model: Layer of communication with the MySQL database, by the CRUD commands (insert, search, update, delete).
- View: Presentation layer (user interface) responsible for displaying information.
- Controller: a Business layer for system control based on logic and business rules.

Any business scenario contemplated in the AITOD system should be observed in the following functionalities (as in Figure 1) presented in the AITOD system use case diagram. The logical model of the AITOD expert system should be a theoretical representation in the concept of "Design Thinking" [29] in a unified modeling language, represented by the use case diagram [3].

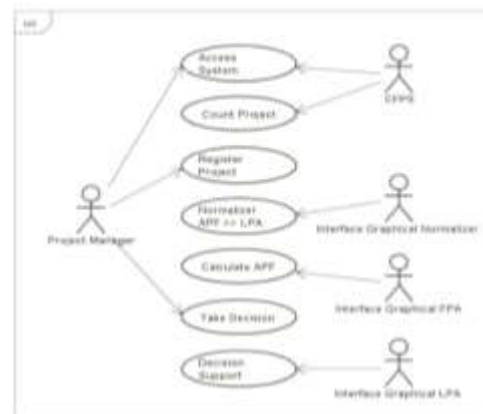


Fig 1. AITOD System Use Case Diagram

In constructing the presentation layer in the AITOD project, we chose to use object-oriented MVC technologies and responsive technologies (display the screen appropriately to the situation), such as best practices with bootstrap [4], type criptangularjs .ts [15][21]), hypertext markup language (.html), and style (.css). As can be seen below:

- CFPS: List of function point specialists.
- Counting: Allows the counting of the CFPS count and counts in function point by complexity.
- Filter-search: Query projects.
- Manager: List of Managers for decision-making.
- Login: Allows access to the system.
- Project: Allow project registration and add CFPS that will count the project.
- Decision-making: Allows approval or disapproval of the project. It includes functionality (button AI) for consistency in decision support.



Fig 2 AI Bottom Layout in AITOD System.

According to the initial presentation layer requests, we defined the modeling to meet the database layer in the AITOD project, we chose to use MVC technology as a model layer to support the database management system tool (DBMS) with easy manipulation in the web environment and, at the same time, with scalability and performance for future implementations in artificial intelligence techniques [22].

5. Results And Discussion

In line with the desired goal of the work and relentless efforts to formalize a product, the AITOD system is analyzed in a punctual way (according to Figure 6) by means of a first historical series of the database (2015-2018) containing 161 projects ("CLIENT-1", Historical basis analysis: Recount projects.). These projects required a recount in function point analysis by at least three suppliers with CFPS involved. It was verified that 46 projects by the AITOD system would result in approval of 28.57% of the projects. With this, companies would avoid unnecessary expenses and rework.



Fig3 Historical base analysis: projects (Customer 1) recounted

A punctual view of the graph shows that in 2015 the client had 12 projects recounted in the first semester and ended in the second half with ten projects recounted. By the simulation, using the AITOD system, only three projects out of 12 would be approved while in the second half four projects out of 10 would be approved. Likewise, the analysis was continued in the years 2016 to the first half of 2018. With regard to the amount, it could be stated that, for every \$ 1 million (dollars) in recounting, there would be a reduction to \$ 714,285.71.

The AITOD system was analyzed in a punctual way for a first historical series of the database (2015-2018) containing 78 "CLIENT-2" projects, Historical basis analysis: recount projects.) That required recounting in function point analysis by at least three CFPS suppliers involved. It was verified that 50 projects by the AITOD system would result (according to Figure 6) in approval of 64.10% of the projects. With this, companies would avoid unnecessary expenses and rework.



Fig 4 Historical base analysis: projects (Customer 2) recounted

An accurate view of the graph shows that the client, in 2015, had two projects recounted in the first semester and finished in the second semester with 20 projects recounted. By the simulation, using the AITOD system, only one project of 2 would be approved respectively. Already in the second half, 10 of the 20 projects would be approved. In the same way, the analysis continued in the years 2016 to the first half of 2018. About the amount, it would be possible to affirm that, for every \$ 1 million spent on recounting, there would be a reduction to \$ 641,025.64.

6. Acknowledgment

Our thanks to PPGEP (Graduate Program in Production Engineering) e a company WINFORMA for allowing us to apply all knowledge acquired to its database provided.

7. Conclusion

The proposed AITOD system can be used by client companies and suppliers to increase new business and continually mitigate rework and unnecessary spending by both companies. Other issues that the proposed system can be useful is project managers who seek productivity and increase new demands, dammed or reduced due to a discrepancy between counts by CFPS.

References

- 1.ABE Jair Minoro. " Introduction to Annotated Logics -Foundations for Paracomplete and Paraconsistent Reasoning." - São Paulo : Springer International Publishing, 2015.
- 2.ABE Jair Minoro. Paraconsistent Intelligent Based-Systems: New Trends in the Applications of Paraconsistency . - Germany : editor, Book Series: "Intelligent Systems Reference Library. Springer-Verlag , 2015. - Vols. Vol. 94, 306 page, ISBN:978-3-319-19721-0.
- 3.ABE Jair Minoro. Paraconsistent Logics and Applications. [Conferência] // Proceedings of the 4th International Workshop on Soft Computing Applications. - Budapest, Arad. : IEEE, 2010. - Vols. p.18., - pp. pp. 11–18.
- 4.BOOTSTRAP Developer Guide Bootstrap. // <https://docs.angularjs.org/guide/bootstrap>. - Developer Guide Bootstrap. . June 12th, 2016. - June 12th, 2017. - <https://docs.angularjs.org/guide/bootstrap>.
- 5.AKAMA Seiki Towards Paraconsistent Engineering, Intelligent Systems Reference Library. - Switzerland: Publisher Springer International Publishing. DOI: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-40418-9>, 2016. - Vols. Volume 110, 234 pages, 2016, ISBN: 978-3-319-40417-2 (Print) 978-3-319-40418-9 (Online), Series ISSN 1868-4394,
- 6.DEITEL Paul e DEITEL Harvel. Java: How to Program. - São Paulo: Pearson, 2010. - Vol. 8 ed.
- 7.FREEMAN ADAM. Essential Angular for ASP.NET Core MVC. - eBook, s.l. : Apress, 7th Edition, Kindle Edition ., 2017. - Vols. DOI <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4842-2916-3>.
- 8.JONES Capers. Software Engineering Best Practices. - [s.l.]: McGraw Hill, 2010.
- 9.KENT Beck. [et al.] ©Agile Manifesto Copyright. - February 11th and 13th, 2001. - February 11th, 2017. - <http://agilemanifesto.org/authors.html>.
- 10.PRESSMAN Roger S. Software engineering: a practitioner's approach. - New York, NY, EUA: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2011. - Vol. 7th Edition ISBN 0073375977 / 9780073375977 ©.
- 11.PETERSEN K. e Gencel C. Worldviews, research methods, and their relationship to validity in empirical software engineering research, in: [Conferência] // Proceedings of the 2013 Joint Conference of the 23rd International Workshop on Software Measurement and 2013. - [s.l.]: pp.81–89., 2013.

12. PMI Project Management Institute, Guide PMBOK 6. - [s.l.]: Project Management Institute Inc., 2017. - 6ed.
13. RIES The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Minimum Viable Product: a guide. Startup Lessons Learned. - New York: Crown Business, 2011.
14. ALBRECHT Allan J. // Measuring Application Development Productivity. In: Proceeding of the Joint SHARE/GUIDE/IBM Application Development Symposium. - USA: [s.n.], 1979. - Vols. vol 10, pp.83-92, October.
15. ANGULARJS. What is Angular? // <https://docs.angularjs.org/guide/introduction>. ANGULARJS, June 11th, 2017. <https://docs.angularjs.org/guide/introduction>.
16. BFPUG Brazilian Function Point User Group. - [s.l.]: www.bfpug.com.br, 2006.
17. CHACON Scott, e STRAUB Ben. Pro Git™. - [s.l.]: Apress, 2ed. <https://git-scm.com/book/en/v2>, 2014.
18. CPM Counting Practices Manual. - Function Point Counting Practices Manual: IFPUG, 2010. - Vol. 4.3.1.
19. BOEIM B. [et al.] // Cocomo suite methodology and evolution. - [s.l.]: CrossTalk 18(4), 20-25., 2005.
20. DEITEL Paul e DEITEL Harvel. Java: How to Program. - São Paulo: Pearson, 2010. - Vol. 8 ed.
21. FREEMAN ADAM. Essential Angular for ASP.NET Core MVC. - eBook, s.l. : Apress, 7th Edition, Kindle Edition ., 2017. - Vols. DOI <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4842-2916-3>.
22. H. A. Simon The Sciences of the Artificial [Paper] // Science–Philosophy. - Cambridge Massachusetts, London England; MIT Press, 1996. - Third edition. - ISBN 9780262193740.
23. HEVNER A. R. e Scand J. A three cycle view of design science research. - [s.l.]: Inf. Syst. 19: 87–92., 2007.
24. IFPUG International Function Point User Group. - Princeton Junction, NJ 08550, USA: IFPUG, 1987. - Vol. v1.
25. JONES Capers. Software Engineering Best Practices. - [s.l.]: McGraw Hill, 2010.
26. PETERSEN K. e Gencel C. Worldviews, research methods, and their relationship to validity in empirical software engineering research, in: [Conferência] // Proceedings of the 2013 Joint Conference of the 23rd International Workshop on Software Measurement and 2013. - [s.l.]: pp.81–89., 2013.
27. ISO-IEC14143-1 Information technology Software measurement Functional size measurement Definition of concepts. - Geneva, 1996: Standardization, International Organization, 1996. - Vol. 1.
28. RIES The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Minimum Viable Product: a guide. Startup Lessons Learned. - New York: Crown Business, 2011.
29. VAISHNAVI V. e KUECHLER W. Design research in information systems. - 2004. - <http://desrist.org/design-research-in-information-systems/>.