

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA – CÂMPUS DE TUPÃ**  
Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

**ALISSON RODOLFO LEITE**

**TECNOLOGIAS PARA MONITORAMENTO DA  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS  
PARA COLETA E ARMAZENAMENTO DE DADOS EM ÁREAS  
RURAIS**

**Tupã – SP**  
**2025**

**ALISSON RODOLFO LEITE**

**TECNOLOGIAS PARA MONITORAMENTO DA  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS  
PARA COLETA E ARMAZENAMENTO DE DADOS EM ÁREAS  
RURAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento.

**Área de concentração:** Agronegócio e Desenvolvimento.

**Linha de pesquisa:** Competitividade de Sistemas Agroindustriais

**Orientador:** Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho

**Coorientador(a):** Prof.<sup>a</sup>. Dra. Camila Pires Cremasco Gabriel

**Coorientador(a):** Prof.<sup>a</sup>. Dra. Jucilene de Medeiros Siqueira

**Tupã – SP  
2025**

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

L533t      Leite, Alisson Rodolfo.  
Tecnologias para monitoramento da evapotranspiração:  
desenvolvimento de métodos para coleta e armazenamento de dados  
em áreas rurais. / Alisson Rodolfo Leite. – Tupã: [s.n.], 2025.  
159 f. : il.

Tese (Doutorado em Agronegócio e Desenvolvimento)–Universidade  
Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências e Engenharia, 2025.  
Orientador: Luís Roberto Almeida Gabriel Filho  
Coorientadora: Camila Pires Cremasco Gabriel  
Coorientadora: Jucilene de Medeiros Siqueira

1. Evapotranspiração. 2. Comunicação de Dados. 3. Sensores.  
4.IoT. 5. Node-RED. I. Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202. Essa ficha não pode ser modificada. |

## **IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA**

O impacto social desta tese está diretamente relacionado à promoção da sustentabilidade e ao uso racional dos recursos hídricos, contribuindo para enfrentar os desafios globais relacionados à escassez de água. O sistema desenvolvido permite monitorar variáveis relacionadas a evapotranspiração, otimizando o uso da água na agricultura e promovendo a conservação dos recursos hídricos. Além disso, ao utilizar tecnologias acessíveis, como sensores de baixo custo, Raspberry Pi e ferramentas de código aberto (Node-RED, Grafana, entre outras), a solução proposta torna-se viável para comunidades rurais com recursos limitados, promovendo a inclusão tecnológica e democratizando o acesso a ferramentas de monitoramento. O trabalho também demonstra a versatilidade das ferramentas empregadas para utilização em outros setores do campo onde se pretende ter monitoramento.

## **POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH**

The social impact of this thesis is directly related to the promotion of sustainability and the rational use of water resources, contributing to addressing global challenges associated with water scarcity. The developed system enables monitoring of variables related to evapotranspiration, optimizing water use in agriculture and promoting the conservation of water resources. Moreover, by employing accessible technologies such as low-cost sensors, Raspberry Pi, and open-source tools (Node-RED, Grafana, among others), the proposed solution becomes feasible for rural communities with limited resources, fostering technological inclusion and democratizing access to monitoring tools. Furthermore, the work demonstrates the versatility of the employed tools for application in other agricultural sectors where monitoring is required.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA TESE:** Tecnologias para Monitoramento da Evapotranspiração: Desenvolvimento de Métodos para Coleta e Armazenamento de Dados em Áreas Rurais

**AUTOR:** ALISSON RODOLFO LEITE

**ORIENTADOR:** LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

**COORIENTADORA:** CAMILA PIRES CREMASCO GABRIEL

**COORIENTADORA:** JUCILENE DE MEDEIROS SIQUEIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências, pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **LUIS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO**  
Data: 14/03/2025 10:18:06-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO (Participação Virtual)

Docente do Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP

Documento assinado digitalmente  
 **LUIS HILARIO TOBLER GARCIA**  
Data: 26/02/2025 14:38:39-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. LUÍS HILARIO TOBLER GARCIA (Participação Virtual)

Faculdade de Tecnologia Shunji Nishimura / Faculdade de Tecnologia - FATEC - Pompéia/SP

Documento assinado digitalmente  
 **TIAGO APARECIDO VICENTIN**  
Data: 26/02/2025 08:44:35-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. TIAGO APARECIDO VICENTIN (Participação Virtual)

Coordenadoria do Curso de Automação Industrial / Faculdade de Tecnologia - FATEC - Bauru/SP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Tupã



Prof. Dr. EDSON LUIS GERALDI JUNIOR (Participação Virtual)  
Coordenadoria do Curso de Eletrônica / Instituto Federal de São Paulo - IFSP - Tupã/SP

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** EDSON LUIS GERALDI JUNIOR  
Data: 26/02/2025 11:03:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. MARIO MOLLO NETO (Participação Virtual)  
Docente do Departamento de Engenharia de Biossistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE -  
UNESP - Tupã/SP

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MARIO MOLLO NETO  
Data: 26/02/2025 13:18:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tupã, 25 de fevereiro de 2025

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder saúde, perseverança e sabedoria ao longo desta jornada. Sem Sua presença constante em minha vida, este trabalho não seria possível.

Um agradecimento especial à minha família, pela paciência, compreensão e apoio.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho, pela orientação precisa, paciência e apoio ao longo de todo o processo de pesquisa. Sua vasta experiência e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha coorientadora, Prof.<sup>a</sup>. Dra. Camila Pires Cremasco Gabriel, pelos conselhos valiosos e por compartilhar seus conhecimentos em momentos cruciais. Sua colaboração foi indispensável para o êxito deste projeto.

À minha coorientadora, Prof.<sup>a</sup>. Dra. Jucilene de Medeiros Siqueira, pela orientação atenta e contribuição decisiva ao longo de todo o processo.

Agradeço à Universidade Estadual Paulista (UNESP), especialmente ao campus de Tupã, por proporcionar o ambiente e os recursos necessários para o desenvolvimento deste projeto. Agradeço também aos membros do corpo docente e técnico-administrativo que, direta ou indiretamente, contribuíram para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Agradeço à Agência Nacional de Fomento, CNPq, pelo apoio financeiro que possibilitou a realização desta pesquisa.

Aos meus colegas e amigos das turmas disciplinares pela troca de conhecimentos, pelo companheirismo e por todos os momentos de descontração que marcaram esta caminhada.

A todos os participantes do grupo de pesquisa, principalmente, os pesquisadores Dra. Renata Nagima Imada, Dr. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos e Dr. Sergio Augusto Rodrigues por todas as contribuições e discussões sobre o tema do trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui meu mais sincero agradecimento.

Tudo posso naquele que me fortalece....  
(Filipenses 4:13)

LEITE, Alisson Rodolfo. **Tecnologias para Monitoramento da Evapotranspiração: Desenvolvimento de Métodos para Coleta e Armazenamento de Dados em Áreas Rurais**. 2025 154p. Tese (Doutorado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Tupã, 2025.

## RESUMO

A escassez dos recursos hídricos no planeta leva-nos ao desenvolvimento de tecnologia para o uso racional, a preservação e o acesso a água potável tanto para o consumo humano, como para a produção de alimentos. A presente tese visa por meio da cooperação de um projeto universal financiado pelo CNPq, o desenvolvimento de métodos e protocolos de comunicação para otimizar a troca de informação dos dispositivos empregados em sua estrutura. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema de integrado para coleta, armazenamento, e visualização de dados ambientais, com foco na robustez, acessibilidade. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática para identificar as principais tecnologias e métodos relacionados ao monitoramento de culturas vegetativas. A partir disso, foram desenvolvidos dois protótipos principais: o primeiro, com gravação direta no banco de dados MySQL, visou validar a comunicação entre dispositivos e o armazenamento inicial dos dados. O segundo protótipo, mais robusto, utilizou um Raspberry Pi configurado com *containers Docker* para hospedar serviços essenciais, incluindo o *Broker Mosquitto* para gerenciamento de tópicos MQTT, o Node-RED para processamento e gravação de dados no banco de dados InfluxDB, o Grafana para criação de *dashboards* e visualizações interativas, e o Portainer para gerenciamento dos *containers*. Os resultados demonstraram avanços significativos na comunicação e no armazenamento de dados, bem como na criação de aplicações intuitivas para visualização. A estrutura em *mesh* utilizada para conectar os dispositivos apresentou bom desempenho em ambientes com pequenos obstáculos e distâncias de aproximadamente 1 km. Entretanto, desafios relacionados à atenuação da transmissão em ambientes com barreiras robustas foram superados com a inclusão de dispositivos retransmissores. O sistema desenvolvido provou-se eficiente para aplicações de monitoramento ambiental, integrando tecnologias acessíveis e escaláveis, com potencial para utilização em diversas áreas e evidenciam que o aprimoramento e customização podem ser aplicados em outros seguimentos do agronegócio baseados em IoT.

**Palavras-chave:** Evapotranspiração. Comunicação de Dados. Sensores. IoT. Node-RED.

LEITE, Alisson Rodolfo. **Technologies for Evapotranspiration Monitoring: Development of Methods for Data Collection and Storage in Rural Areas**. 2025 154p. Thesis (Doctorate in Agribusiness and Development) – São Paulo State University (UNESP), School of Sciences and Engineering. Tupã, 2025.

## ABSTRACT

The scarcity of water resources on the planet drives the development of technologies aimed at the rational use, preservation, and access to potable water for both human consumption and food production. This thesis, conducted in cooperation with a universal project funded by CNPq, focuses on the development of methods and communication protocols to optimize the exchange of information between the devices employed in its structure. This work presents the development and implementation of an integrated system for the collection, storage, and visualization of environmental data, with a focus on robustness and accessibility. Initially, a systematic literature review was conducted to identify the main technologies and methods related to the monitoring of vegetative crops. Based on this review, two main prototypes were developed. The first prototype, which stored data directly in a MySQL database, aimed to validate communication between devices and the initial storage of data. The second, more robust prototype, employed a Raspberry Pi configured with Docker containers to host essential services, including the Mosquitto Broker for managing MQTT topics, Node-RED for processing and storing data in the InfluxDB database, Grafana for creating dashboards and interactive visualizations, and Portainer for managing Docker containers. The results demonstrated significant advancements in communication and data storage, as well as in the creation of intuitive applications for data visualization. The mesh structure used to connect the devices performed well in environments with small obstacles and transmission distances of approximately 1 km. However, challenges related to signal attenuation in environments with robust barriers were mitigated by incorporating repeater devices. The developed system proved to be efficient for environmental monitoring applications, integrating accessible and scalable technologies. Furthermore, the results indicate that the system can be improved and customized for other segments of agribusiness based on IoT technologies.

**Key words:** Evapotranspiration. Data communication. Sensors. IoT. Node-RED.

## Lista de Figuras

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Campus do protocolo de Revisão. ....                                                                       | 27 |
| Figura 2 - Inserção de arquivo contendo referências bibliográficas em StArt. ....                                     | 29 |
| Figura 3 - Análise da frequência de palavras das referências bibliográficas.....                                      | 30 |
| Figura 4 - Geração de quadrantes e exclusão dos inferiores. ....                                                      | 30 |
| Figura 5 - Avaliação individual e extração de dados.....                                                              | 31 |
| Figura 6 - Geração de relatório ".xlsx".....                                                                          | 32 |
| Figura 7 - Organograma do software StArt.....                                                                         | 32 |
| Figura 8 - Fluxo de processo do desenvolvimento do protótipo .....                                                    | 34 |
| Figura 9 - Placa ESP32 da Heltec,.....                                                                                | 35 |
| Figura 10 - Tela da IDE Arduino.....                                                                                  | 37 |
| Figura 11 - Gerenciador de bibliotecas .....                                                                          | 37 |
| Figura 12 - Gerenciador de Placas Adicionais .....                                                                    | 38 |
| Figura 13 - Sistema de depuração de funções da IDE Arduino.....                                                       | 39 |
| Figura 14 - Esquematico da rede .....                                                                                 | 40 |
| Figura 15 - Esquema elétrico das ligações dos sensores .....                                                          | 41 |
| Figura 16 - Fluxograma Setup do nó sensor para testes ponto-ponto e ponto-multiponto.....                             | 42 |
| Figura 17 - Fluxograma Simplificado da rotina do dispositivo de campo. ....                                           | 43 |
| Figura 18 - Fluxograma simplificado do dispositivo gateway para teste ponto-ponto e ponto-multiponto.....             | 44 |
| Figura 19 - Inicialização do software de consulta ao Banco de Dados .....                                             | 45 |
| Figura 20 - Tela de acesso a base de dados do HeidiSQL.....                                                           | 46 |
| Figura 21 - Esquemático de funcionamento do teste com Raspberry como servidor .....                                   | 49 |
| Figura 22 - Pinos do conector de GPIO do Raspberry Pi.....                                                            | 50 |
| Figura 23 - Dimensões(mm) da Placa do Raspberry e disponibilidade dos seus componentes .....                          | 50 |
| Figura 24 - Tela inicial do Raspberry Pi Imager .....                                                                 | 51 |
| Figura 25 - Limpeza do cartão de memória micro SD usando Raspberry Pi Imager.....                                     | 52 |
| Figura 26 - Escolha do tipo de sistema operacional que será instalado no Raspberry usando o Raspberry Pi Imager ..... | 52 |
| Figura 27 - Opções avançadas para a gravação do SO usando Raspberry Pi Imager .....                                   | 54 |
| Figura 28: Componentes para ligar o Raspberry Pi.....                                                                 | 55 |
| Figura 29 - LEDs de indicação de alimentação e processamento do Raspberry Pi.....                                     | 55 |
| Figura 30 - Seleção do intervalo de IP para escaneamento de rede local.....                                           | 56 |

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 31 - Resultado da pesquisa do NetScanner .....                                                              | 57  |
| Figura 32 - Configuração para acesso via Putty .....                                                               | 58  |
| Figura 33 - Menu do IOTstack .....                                                                                 | 60  |
| Figura 34 - Visualização dos contêineres.....                                                                      | 61  |
| Figura 35 - Interface Node-RED .....                                                                               | 62  |
| Figura 36 - Instalação de componentes no Node-RED .....                                                            | 64  |
| Figura 37 - Configuração do bloco “mqtt in” no Node-RED.....                                                       | 65  |
| Figura 38 - Configuração do bloco “change” no Node-RED.....                                                        | 65  |
| Figura 39 - Configuração do bloco “influxdb out” do Node-RED .....                                                 | 66  |
| Figura 40 - Código com blocos de depuração do Node-RED .....                                                       | 67  |
| Figura 41 - Configuração dos depuradores no Node-RED .....                                                         | 68  |
| Figura 42 - Configuração de um MQTT Cliente no MQTTBox.....                                                        | 69  |
| Figura 43 - Configuração para publicação da mensagem no tópico de teste no MQTTBox ...                             | 70  |
| Figura 44 - Painel de depuração do Node-RED .....                                                                  | 70  |
| Figura 45 - Registro de dados gravados no InfluxDB.....                                                            | 71  |
| Figura 46 - Fluxograma simplificado do programa do microcontrolador lendo sensores e<br>publicando no broker. .... | 73  |
| Figura 47 - Esquemático de rede para o teste parcial de gravação no Broker.....                                    | 74  |
| Figura 48 - Fluxograma simplificado dos nódulos sensores da rede LoRaMesh.....                                     | 76  |
| Figura 49 - Painel de acesso Grafana .....                                                                         | 77  |
| Figura 50 - Vincular banco de dados InfluxDB .....                                                                 | 78  |
| Figura 51 - Novo painel no Grafana.....                                                                            | 79  |
| Figura 52 - Seleção da fonte de dados.....                                                                         | 80  |
| Figura 53 - Configuração do indicador no Grafana.....                                                              | 80  |
| Figura 54 - Criação de indicador de índice calculado com base nos dados registrados.....                           | 81  |
| Figura 55 - Salvando painel no Grafana.....                                                                        | 82  |
| Figura 56 - Criação de novo usuário no Grafana.....                                                                | 83  |
| Figura 57 - Gerenciamento de usuário no Grafana.....                                                               | 84  |
| Figura 58 - Administração de equipes de usuários no Grafana.....                                                   | 84  |
| Figura 59 - Atribuição de painéis personalizados as Equipes .....                                                  | 85  |
| Figura 60 - Diagramação da estruturação do LoraMesh-ESP com Raspberry Pi .....                                     | 86  |
| Figura 61 - Diagrama da Revisão Sistemática.....                                                                   | 87  |
| Figura 62 – Análise Gráfica de Similitude .....                                                                    | 106 |
| Figura 63 - Montagem do protótipo em protoboard.....                                                               | 109 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 64 – Consulta usando HeidiSQL.....                                                   | 110 |
| Figura 65 - Reconhecimento de falhas .....                                                  | 111 |
| Figura 66 - Instalação do protótipo na estufa da UNESP.....                                 | 112 |
| Figura 67 - Mapa topográfico da região instalada o sensor e gateway LoRa/Wi-Fi.....         | 113 |
| Figura 68 - Compartaivo estação do INMET vs protótipo em campo .....                        | 114 |
| Figura 69 - Correlação entre o INMET e protótipo.....                                       | 115 |
| Figura 70 - Gráfico da temperatura média diária por data .....                              | 117 |
| Figura 71 - Gráfico da média diária da umidade relativa do ar.....                          | 118 |
| Figura 72 - Gráfico da temperatura do ar X temperatura do solo 1 (2 cm de profundidade).119 |     |
| Figura 73 - Gráfico da temperatura do ar X temperatura do solo 2 (7 cm de profundidade).119 |     |
| Figura 74 - Gráfico da temperatura do ar X umidade relativa do ar .....                     | 120 |
| Figura 75 - Gráfico da temperatura média por hora .....                                     | 121 |
| Figura 76 - Gráfico da média da umidade relativa do ar por hora.....                        | 121 |
| Figura 77 - Protótipo com placa solar .....                                                 | 122 |
| Figura 78 - Painel de consulta do usuário final .....                                       | 124 |

## Lista de Quadros

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1 - Parâmetros de Busca nas Bases e Repositórios Indexados .....                                     | 25  |
| Quadro 2 - Critérios de Inclusão e Exclusão .....                                                           | 25  |
| Quadro 3 – Variáveis de Análise.....                                                                        | 47  |
| Quadro 4 - Descrição dos itens de configuração do Raspberry utilizando o software Raspberry Pi Imager ..... | 53  |
| Quadro 5 - Sequência de comandos para instalação de pacote do Raspberry .....                               | 59  |
| Quadro 6 - Sequência de comandos SSH para criação da base de dados.....                                     | 62  |
| Quadro 7 - Blocos do Node-RED utilizados .....                                                              | 63  |
| Quadro 8 - Sequência de comandos para verificar os dados gravados no Influx.....                            | 71  |
| Quadro 9 - Estudos extraídos para as análises.....                                                          | 88  |
| Quadro 10 - Testes de verificação de falhas.....                                                            | 112 |

## **Lista de Tabelas**

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 - Comparação das especificações técnicas entre placas de prototipagem ..... | 36  |
| Tabela 2 – Coeficientes das equações .....                                           | 115 |
| Tabela 3 – Indicativos estatísticos da comparação do protótipo com o INMET.....      | 116 |

## Sumário

|       |                                                                                                                                    |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....                                                                                                                   | 17  |
| 1.1   | Estrutura da Tese.....                                                                                                             | 23  |
| 2     | METODOLOGIA .....                                                                                                                  | 24  |
| 2.1   | Aplicada na Revisão da Literatura .....                                                                                            | 24  |
| 2.1.1 | Seleção, inclusão e exclusão de estudos .....                                                                                      | 24  |
| 2.1.2 | Extração e síntese de dados .....                                                                                                  | 33  |
| 2.1.3 | Avaliação de qualidade.....                                                                                                        | 33  |
| 2.2   | Aplicados na construção e testes do protótipo .....                                                                                | 34  |
| 2.2.1 | Placa de desenvolvimento .....                                                                                                     | 35  |
| 2.2.2 | Estruturação do teste ponto - ponto e ponto - multiponto .....                                                                     | 40  |
| 2.2.3 | Desenvolvimento com Raspberry Pi .....                                                                                             | 48  |
| 3     | DESENVOLVIMENTO .....                                                                                                              | 87  |
| 3.1   | Resultados alcançados na Revisão Sistemática e meta-análise .....                                                                  | 87  |
| 3.1.1 | Meta-análise Qualitativa dos estudos extraídos .....                                                                               | 105 |
| 3.1.2 | Qualidade do Estudo e Certeza da Evidência .....                                                                                   | 107 |
| 3.2   | Resultados alcançados com o protótipo .....                                                                                        | 108 |
| 4     | CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                                                                                          | 126 |
| 5     | REFERÊNCIAS.....                                                                                                                   | 131 |
|       | APÊNDICE 1 - Conjunto de dados de pesquisa de evapotranspiração automatizado usado em uma revisão sistemática e meta-análise ..... | 146 |

## 1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro possui uma ampla diversidade de produtos, com mais de 300 espécies, com representatividade nas exportações que excede a 350 tipos de produtos destinados a cerca de 200 mercados, sendo um dos maiores exportadores de soja, café, açúcar, suco de laranja, etanol de cana-de-açúcar, carne bovina e frango (EMBRAPA, 2022).

Mesmo com as constantes transformações na produção agrícola ocorrida nas últimas décadas, com a adoção de tecnologias que viabilizam crescimento da produção, redução de custos e menor impacto ambiental, ainda assim, causam preocupações com o aumento da demanda global, consequências do aumento populacional que se aproxima dos 8 bilhões (FAO, 2009; FIESP, 2021; GUIMARÃES; LARA; TRINDADE, 2015).

Há estudos que apontam para uma necessidade de aumento da produção de alimentos em 70% para suprir a demanda, o que traz vários desafios a todo o setor de produção de alimentos, dentre os quais, a segurança alimentar e o uso de sementes transgênicas, o consumo de agrotóxicos, a intensificação do uso de fertilizantes químicos, a erosão do solo e sua inviabilidade produtiva, e a contaminação dos lençóis freáticos por pesticidas e outros agentes químicos (FAO, 2009; KONSTANTINO et al., 2022).

Mesmo diante dos avanços em tecnologia para a produção, constatou-se o fato de que a grande maioria das pessoas que trabalham e convivem em ambientes rurais não possuem água tratada para o consumo humano, havendo situações de riscos de aquisição de patologias e da contaminação da água na localidade. A preservação das fontes de água e a garantia do acesso a água de boa qualidade no ambiente rural são essenciais para evitar surtos de doenças infecciosas e patogênicas (AMARAL et al., 2003; CASTRO JUNIOR et al., 2022).

A água é essencial não apenas ao consumo humano direto, como à produção de alimentos. No Brasil, há uma estimativa de que “dos 30.554 hm<sup>3</sup> da água consumida no país, 90% ou 27.498 hm<sup>3</sup> concentram-se no agronegócio” (MONTROYA; FINAMORE, 2020, p. 456). Como uma característica peculiar em relação à maioria dos outros recursos naturais, a água circula naturalmente e, quando evapora, muda de líquido para gás e, eventualmente, condensa e retorna ao solo. Assimilada durante a fotossíntese das plantas torna-se parte dos carboidratos armazenados nas plantas, mas, em última análise, voltam à ser água por decomposição (KANG et al., 2021; OKI; KANAE, 2006).

A água é considerada um dos bens mais preciosos para a humanidade e existente na maior parte da superfície do planeta terra em seus três estados (gasoso, sólido e líquido), sendo

essencial para a manutenção da vida de todos os organismos no planeta (KHOURI, 2003). Embora a prodigalidade de recursos hídricos no planeta fermenta a intuição equivocada de inexaurível, segundo ambientalistas 95,1% da água é salgada, dos 4,9% restantes, 4,7% estão na forma de geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso, e somente os 0,147% estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos (BETTEGA et al., 2006).

Havendo a necessidade de obtenção, tratamento, dessalinização e manutenção de água em quantidade e qualidade para o consumo humano, impulsiona o desenvolvimento de técnicas que possibilitam preservar a umidade no solo, possibilitando um uso mais racional nos procedimentos de irrigação, reduzindo o consumo de água na produção agrícola, e consequentemente, assegurando uma reserva para o consumo humano (BADARÓ et al., 2021; CARTER, 2017).

Uma das técnicas para a preservação da umidade do solo consiste na cobertura com palha que tem os benefícios de colaborar com: redução do impacto de gotas de chuva no solo, obstáculo de transporte ou arrastamento de partículas por enxurradas, aumento da estabilidade térmica e a redução da evaporação, outra possibilidade é o condicionamento por magnetização da água a qual corrobora para um melhor aproveitamento das espécies vegetativas (BARBIERI et al., 2020) .

Embora essas técnicas tenham muitos benefícios o produtor fica desprovido do conhecimento da dosagem hidrológica necessária para os cultivares e qual a periodicidade que a rega deve ser executada, logo pode complementar com técnicas de evapotranspiração com ajuda de tanques instalados nas áreas dos cultivos e por meio de relações matemáticas ter uma estiva da quantidade necessária de recurso hídricos (ALENCAR et al., 2011; KHEIR et al., 2021).

O processo de evapotranspiração desloca os recursos hídricos para a atmosfera e essa umidade é direcionada para outras regiões distintas ao local de plantio devido ao movimento das massas de ar, contribuindo para o déficit hídrico das culturas, e esse processo configura um dos principais causadores da perda de produtividade, impactando diretamente a economia regional (BARBIERI et al., 2020; KAMARUDIN; ISMAIL; SAIDI, 2021).

Dado a possibilidade do reaproveitamento total no local da quantidade que é transferida para a atmosfera, surge a necessidade de realizar a recomposição dos recursos hídricos para o solo por sistemas de irrigação manuais ou automatizados (JO; SHIN, 2021). Consequentemente, evidencia-se a carência de estimar com precisão aceitável a quantidade de água necessária para a recomposição da umidade do solo para o crescimento saudável das culturas locais, pois a utilização excessiva de irrigação pode ser nociva ao solo, causando a lixiviação ou inundação local (JO; SHIN, 2021; KAMARUDIN; ISMAIL; SAIDI, 2021).

Ademais, os sistemas de irrigação possuem um custo indexado, devido à mão de obra operante nos sistemas manuais e nos sistemas que envolvem bombeamento custos provenientes do consumo de energia elétrica (PEREIRA et al., 2018).

Analisar o processo com intuito de otimizar os sistemas de irrigação, principalmente dos povos carentes de recursos financeiros, alinha-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da organização das Nações Unidas (ONU), pois auxilia a erradicação da pobreza (ODS-1) ao aumentar a eficiência da produção orgânica. Nos sistemas de agricultura sustentável (ODS-2), tal ação reduz a quantidade de recursos hídricos para a produção dos cultivares e, na saúde (ODS-3), tendo em vista que a maioria das zonas rurais não possuem um tratamento de água para o consumo de moradores e trabalhadores, preserva a melhor qualidade de água e de saneamento (ODS-6), sendo uma ação direta na saúde pública ao evitar surtos de doenças infecciosas e patogênicas. A utilização racional coopera, também, com a preservação da vida aquática (ODS-14), uma vez que previne o carregamento de substância tóxicas, fertilizantes e agrotóxicos para os lençóis freáticos, lagos e rios localizados nas regiões que circundam os locais das plantações (BHATTACHARYYA et al., 2021; GT AGENDA 2030, 2022; MOGHADAM, 2016; RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017).

Note-se, que a disponibilidade adequada de água e nutrientes no substrato é necessária para o bom desenvolvimento de culturas vegetativas. O manejo da irrigação permite decidir quando e quanto de água aplicar nas culturas para aperfeiçoar a produção agrícola e para reduzir o consumo desnecessário de água (VIAIS NETO et al., 2018). Neste sentido, tanto efetivamente para a produção e crescimento dos vegetais de interesse, quanto em perdas por evaporação natural da humidade do solo, escoamento superficial devido ao excesso hídrico e a evapotranspiração.

Assim, conhecer precisamente a evapotranspiração da cultura (ETc) e o estresse hídrico, possibilita a gestão de uma irrigação eficiente com controle e planejamento dos recursos hídricos por meio de cálculos hidrológicos do balanço hídrico e do potencial das culturas associado a utilização da técnica de calor, com a qual é possível estimar o fluxo de seiva dos vegetais embasado na medida volumétrica que corresponde ao equivalente de transpiração (ALENCAR et al., 2011; CAMPECHE, 2002).

Com todo este cenário e os desafios interpostos, surge um novo tipo de agricultura titulado de agricultura de precisão como também agricultura 4.0, usufruindo de métodos tecnológicos, para ampliar a capacidade produtiva e reduzir a quantidade de insumos utilizados nos processos agropecuários, possibilitando aos proprietários e operadores automatizar o controle e a supervisão dos processos envolvidos (SILVA et al., 2020).

Na irrigação inteligente para o manejo e a supervisão da irrigação em culturas diversas é imprescindível a instalação de sensores específicos, possibilitando monitorar sistemas de irrigação e a real necessidade das culturas embasado nas informações que estes sensores disponibilizam.

Para que a informação dos sensores seja efetiva e útil a tomada de decisão em tempo real se faz a utilização de sistemas de comunicação. Atualmente existem muitas aplicações no mercado sendo projetados para ambientes urbanos ou rurais, no entanto demandando uma grande quantidade de recursos e havendo assim a necessidade do desenvolvimento de sistemas com menor custo e com eficiência compatível para possibilitar o acesso e a utilização pelos pequenos produtores que possuem recurso escassos, com uma rede de comunicação de baixo custo contribuir para o uso eficiente e racional da água. Concedendo, também a produtores de regiões mais áridas usufruírem do uso mais efetivo do solo para a produção agrícola (MASSRUHÁ; LEITE, 2017).

Seguindo a propositura de Siqueira (2019), com a utilização de um sistema, no qual uma plataforma com micro controladores e termistores executam a medição do fluxo de seiva baseado em sensores de fluxo de seiva Granier e células peltier, medindo o calor latente do solo e subsolo, aplicando os ajustes inferenciais com cálculos na determinação da evapotranspiração flexibilizando deste modo a aquisição e transmissão de dados, automação e controle dos processo de tomada de decisão dos dispositivos *Smart Orchard Irrigation System – SOIS* [Sistema de Irrigação de Pomar Inteligente] (SIQUEIRA, 2019; SIQUEIRA; SILVA; PAÇO, 2015).

Com base nas argumentações apresentadas a presente Tese de Doutorado em Agronegócio e Desenvolvimento, na linha de pesquisa de Competitividade de Sistemas Agroindustriais teve por tema: Quais as implicações técnicas e metodológicas na coleta, armazenamento de informações e transmissão de dados em propriedades rurais para a inferência do nível de evapotranspiração?

Participante na proposição de soluções na integração de um conjunto de pesquisas que contribuem para um projeto universal relacionado ao *Smart Orchard Irrigation System Data Base - DATASOIS*, que consiste na utilização de sensores específicos para coleta de dados e atuadores no estudo de irrigação automatizada. Assim, a Tese teve por objetivo: utilizar estudos empíricos e teóricos para estruturar uma rede de comunicação que seja eficaz e eficiente para suprir as necessidades de áreas com difícil acesso e poucos recursos financeiros e tecnológicos (INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA, 2019).

E, por Objetivos específicos:

- i. Levantamento de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) avaliando as maneiras de executar a estimativa da evapotranspiração;
- ii. Levantamento de requisitos básicos de funcionamento;
- iii. Execução de teste ponto a ponto de comunicação;
- iv. Execução de teste ponto a multiponto de comunicação;
- v. Criação de um banco de dados para gravar os dados coletados nos testes;
- vi. Avaliação da recuperação de falhas dos protótipos;
- vii. Teste de comunicação do banco de dados gravações;
- viii. Teste de integração dos sistemas desenvolvidos;
- ix. Criação de um mecanismo de comunicação voltado a aplicação de estudo do projeto DATASOIS;
- x. Avaliação dos dados adquiridos, transmitidos e armazenados;
- xi. Levantamento entre as diferentes formas analisadas

O desenvolvimento da pesquisa da presente Tese é de interesse e participante de um projeto universal conduzido pelo orientador, possuindo financiamento custeado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), composto de seis grandes módulos:

- i. Instalação de rede de sensores do projeto *SOIS (Smart Orchard Irrigation System)* nos 5 diferentes ambientes agrícolas (cafezal irrigado – São Paulo; melão irrigado – Rio Grande do Norte; bananal irrigado – Rio Grande do Norte; olival irrigado – Portugal; vinha irrigada - Portugal);
- ii. Criação de um software para processamento e controle local dos dados alojados em hardware locais;
- iii. Determinação de um protocolo de transmissão dos dados processados a serem transmitidos para a web plataforma do projeto *SOIS*;
- iv. Desenvolvimento de uma web plataforma para alojar base de dados, base de conhecimento e máquina inferencial;
- v. Estruturação de algoritmo *SOIS* para processamento e análise automática de dados na abordagem do sistema híbrido redes neuro-difusa e Wavelet transformada;

- vi. Formatação de uma ferramenta de tomada de decisão em tempo real destinada ao usuário final com recomendações e informações do uso da água (Disseminação dos resultados).

Assim, para o desenvolvimento fora estabelecido a participação e atuação direta na implantação e estudo do sistema de comunicação, integrando e atuando diretamente nos itens i, ii, iii e iv. Notando-se que, embora muitas redes de comunicação de dados já sejam aplicadas em ambientes industriais, domésticos ou educacionais a funcionalidade efetiva aos propósitos, faz-se necessário a instalação de gateways em locais favorecidos de fácil acesso possibilitando que todos os nós do sistema se comuniquem diretamente com gateways, em topologias de rede conhecidas como estrela.

A topologia estrela pode ser facilmente identificada nas residências onde tem-se um roteador central que faz a comunicação entre os dispositivos internamente a *LAN (Local Area Network)* com o mundo exterior, a internet, exercendo a função de gateway, o roteador de uma residência é responsável além da conexão entre dois tipos distintos de rede, o gerenciamento dos endereços lógicos com a função DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) (DOMÍNGUEZ-NIÑO et al., 2020; XIE et al., 2022).

A topologia em estrela, embora amplamente utilizada em redes de comunicação, muitas vezes se torna inviável em aplicações rurais devido ao alcance limitado do sinal entre os dispositivos periféricos e o nó central. Esse problema é particularmente evidente em sistemas de sensores distribuídos no campo, onde diversos obstáculos físicos, como relevo irregular, vegetação densa e construções, além das intempéries climáticas, atuam como fatores de atenuação da potência do sinal, comprometendo a eficiência da comunicação na rede (DOMÍNGUEZ-NIÑO et al., 2020; XIE et al., 2022).

As aplicações como 5G de telefonia móvel, embora pareça atraente, possui por sua vez um custo elevado requerendo a contratação de planos de dados para cada dispositivo sensor, além da área de instalação requerer previamente a cobertura de rede já assegurada pela operadora de telefonia, essa estratégia tem o custo mensal crescente a cada sistema de sensoriamento instalado.

Todavia se faz necessário o estudo aprofundado das redes já existentes e a melhoria delas, podendo se ter como melhorias nos meios físicos, junção de técnicas de redes distintas ou a criação, adaptação e manipulação dos protocolos de comunicação específicos para a aplicação de meios rurais de irrigação. Dessa forma, diante do exposto, tem-se justificado a necessidade e importância do desenvolvimento do estudo da presente Tese.

## 1.1 ESTRUTURA DA TESE

Visando alcançar os objetivos e assim atender a temática de estudo da presente Tese, os relatos foram estruturados da seguinte forma:

- i. Apresentação da sumarização dos Resultados do levantamento do estado da arte por meio de uma Revisão Sistemática – RS e procedimentos de meta-análise;
- ii. Relatório do desenvolvimento dos protótipos e dos testes ponto a ponto e multiponto com gateway centralizado, com a definição das variáveis coletadas, transmitidas e o sistema de armazenamento de dados, com os resultados da validação de Dados, do sistema de armazenamento, dos testes envolvendo descentralização dos sensores, comparação e as análises dos resultados;
- iii. Apresentação das estruturas desenvolvidas e sugestões para outros estudos do tema DATASOIS.

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/02/2027.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta temática da presente Tese foi de encontrar respostas para as implicações técnicas e metodológicas na coleta, armazenamento de informações e transmissão de dados em propriedades rurais para a inferência do nível de evapotranspiração. E, assim se possível propor mecanismos e ou sistema de tecnologia que viabilize a inferência dos níveis da evapotranspiração, viabilizando ações eficientes do uso de água na irrigação e produção de alimentos.

Sendo estabelecido o levantamento do estado da arte por meio de uma revisão sistemática e meta-análise, para a estruturação dos conceitos teóricos do desenvolvimento tecnológico concernente a evapotranspiração.

Assim, a RS buscou identificar os métodos automatizados para a determinação da evapotranspiração, estendendo-se ao estudo dos diversos trabalhos experimentais com diferentes sensores, podendo-se notar que os que mais se destacam são as estações meteorológicas implementadas de temperatura do ar, umidade do ar, velocidade e direção do vento, radiação solar e precipitação, lisímetros, porômetros, medidores de umidade do solo implantados em diferentes profundidades ou até mesmo aqueles utilizados como parâmetro único para irrigação autônoma. Notando-se em especial os medidores de fluxo de seiva que apresentaram bons resultados, embora tenham relatado dificuldades nos procedimentos de calibração, mesmo utilizando técnicas como a cobertura com alumínio para reduzir a interferência da radiação solar (Meng et al.; 2019).

Pode-se constatar que dentre os estudos selecionados, os principais *softwares* utilizados pelos pesquisadores foram: para aquisição de imagens de satélite o Landsat e o Sentinel-2A, os quais demonstraram com bons resultados os métodos de tratamento adequados, havendo limitações com a aquisição de imagens quando se tem tempo nublado. Em se tratando de simulação de produção e gerenciamento de recursos agrícolas, o destaque foi para o DASSAT, que permite a inclusão de dados experimentais. Entre os sistemas com melhores parâmetros de entrada para calibração, os modelos mais relacionados foram o CERES, o CROPSIM e o N-Wheat. Outros que apresentaram relevância nos estudos foram o AquaCrop e o MOPECO.

Nota-se que o MOPECO oferece uma gama mais ampla de estratégias de irrigação ao passo que o AquaCrop oferece informações mais detalhadas sobre a resposta fisiológica da cultura durante o seu desenvolvimento. De maneira geral, todos os modelos e *softwares* se

demonstraram adequados para o gerenciamento de irrigação pela inferência da evapotranspiração (ANJOS, 2015; OLIVEIRA, 2018).

Identificou-se que os modelos desenvolvidos utilizando técnicas de programação como o *RZWQM2*, *deep belief network*, *least squares support vector regression (DBN-LSSVM)*, *Q-learning* profundo, *Random Forest* e suas derivações, que utilizam dados históricos e parcelas experimentais para calibração e validação, foram identificadas como métodos para estimar a evapotranspiração e prever valores de irrigações para culturas específicas. Os modelos recorrentes, comparados sempre com aqueles descritos pela literatura, foram o Penman-Monteith, Penman-Monteith modificado, Bowen e Shuttleworth-Wallace (SW).

Notou-se o fato dos estudos sumarizados na RBS demonstrarem algumas tendências das linhas de pesquisa que envolvem o termo evapotranspiração as quais incluem modelagem utilizando imagens de satélites, modelagem por estações meteorológicas locais, modelagens usando sensores de solo e seiva em conjunto com estações meteorológicas locais bem como modelagens usando dados de estações meteorológicas próximas ao local. Também foi possível localizar, a partir do uso das referidas ferramentas, estudos de simulação onde é feito o uso de dados experimentais a fim de calibrar modelos capazes de estimar a evapotranspiração.

Identificou-se as dependências da evapotranspiração com o tipo da cultura, idade do plantio e sua sazonalidade, deste modo abrindo oportunidades de estudos para as mais diversas culturas existentes, principalmente as com maior comercialização e que afetam diretamente a organização alimentar da população mundial de acordo com seus costumes locais.

Já nos procedimentos de estruturação de um protótipo para comunicação de dados de evapotranspiração, com arquitetura de protocolo e aplicação conjunta ao de estudo do projeto DATASOIS, para validação dos dados adquiridos, transmitidos e armazenados, fora completamente executado a estruturação do modelo físico e desenvolvimento do modelo lógico.

O protótipo fora desenvolvido com sistema direcionado a comunicação com microprocessadores, tanto em sistema de sensores como o sistema de *gateway* se demonstraram estáveis e bom desempenho na recuperação de falhas de conectividade, tornando assim o sistema robusto, embora haja uma perda dos dados na ocorrência de falha de comunicação no roteador que se conecta ao ESP32 com função de *gateway*.

O sistema revelou-se viável e de baixo custo para aquisição de seus componentes, tendo um custo médio é de 250 reais, que envolvem a aquisição do ESP32, sensores e o sistema

de energia solar. A limitação do projeto ficou em relação as baterias com tão somente 24h de autonomia. O custo de 165 reais, placa e bateria, assim os sistemas podem ter seus custos reduzidos caso adquiridos em sites de importação, embora estes apresentem tempo de entrega mais elevados conseguem fornecer preço de até 60% menores.

O sistema envolvendo Raspberry Pi descrito na seção 2.2.3, fora testado com modelo de outras versões com menor custo, Raspberry Pi 1 Model B+, que por sua vez não suportou toda aplicação rodando e reiniciava os contêineres devido às limitações de *hardware*, mesmo sem o pacote gráfico, deste modo recomendamos seguir as documentações e utilizar a versão 3 do Raspberry Pi ou posterior.

O sistema de *Docker* se demonstrou flexível para atualização, modularização e implementações que possa surgir mantendo a eficiência e praticidade do sistema, uma grande vantagem quando comparado com os conceitos de máquinas virtuais, podendo ser empregados em sistemas embarcados.

O painel de usuário utilizando Grafana disponível via rede mostrou intuitivo e prático, além dos usuários individuais, o conceito de equipes do Grafana para organizar grupos de usuários com permissões específicas permitiu a criação de painéis direcionados com permissões delimitadas aos tipos de usuários de modo centralizado e a contemplação de acesso aos painéis via *browser* facilita atualização e deixa os processos transparentes para usuários não administradores.

A separação de permissões entre administradores e usuários comuns reduz o risco de alterações não autorizadas nos painéis e garante que cada usuário visualize apenas os dados necessários para sua tomada de decisão. Essa funcionalidade é especialmente útil em projetos multidisciplinares, como o deste trabalho, em que diferentes equipes podem utilizar o sistema para finalidades distintas.

Além da aquisição de dados e da robustez estrutural, o sistema apresenta um grande potencial para estimar a evapotranspiração de culturas vegetativas no solo, uma variável essencial no monitoramento agrícola e no planejamento da irrigação. A evapotranspiração, sendo um fator determinante no balanço hídrico, pode contribuir diretamente para a otimização do uso da água e o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis no manejo agrícola. No entanto, para que essa funcionalidade seja plenamente explorada, será necessário aprofundar os estudos em experimentos futuros, nos quais a replicação do protótipo permitirá validar a precisão das medições com outros sensores. A implementação de redes de sensores em campo, organizadas em malhas inteligentes e distribuídas estrategicamente em culturas específicas do

projeto DATASOIS, será essencial para ampliar a confiabilidade e escalabilidade da solução proposta.

Um dos desafios inerentes a esse tipo de sistema é a precisão na estimativa da evapotranspiração, que pode ser aprimorada por meio do refinamento dos algoritmos de modelagem e calibração dos sensores. Dessa forma, recomenda-se a incorporação de técnicas avançadas de previsão, como redes neurais artificiais e modelos baseados em aprendizado de máquina, que podem aumentar a acurácia das medições ao considerar variáveis ambientais correlatas. Caso o local de implantação do sistema possua acesso à internet, seria viável integrar previsões meteorológicas oriundas de fontes oficiais, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para retroalimentar o modelo com dados atualizados e compará-los com as estimativas obtidas localmente. Esse processo permitiria não apenas a calibração contínua dos sensores, mas também a criação de um banco de dados para futuras análises preditivas sobre o comportamento da umidade do solo em diferentes condições climáticas.

Além dos aprimoramentos na modelagem da evapotranspiração, outro ponto crítico a ser considerado é a robustez do sistema de validação e coleta de dados. Um dos principais desafios enfrentados por redes de sensores ambientais é a confiabilidade das medições, uma vez que interferências externas, falhas de *hardware* e condições adversas podem comprometer a qualidade dos dados adquiridos. Nesse contexto, propõe-se a implementação de um sistema avançado de tratamento e pré-processamento das informações coletadas, incorporando mecanismos automáticos para detecção de erros e inconsistências nos sensores. A inclusão de alertas de "ERRO" nos dispositivos possibilitaria uma resposta rápida a falhas operacionais, reduzindo o impacto de dados imprecisos na análise geral. Além disso, recomenda-se a criação de mecanismos de segurança para proteger os dados contra ataques cibernéticos e tentativas de adulteração no meio de transmissão, especialmente em sistemas que operam com conectividade sem fio. O uso de protocolos criptografados e a autenticação de dispositivos na rede podem ser soluções viáveis para garantir a integridade das informações.

Embora a validação dos dados adquiridos, transmitidos e armazenados tenha sido abordada no presente estudo, testes adicionais são fundamentais para aprofundar a análise da confiabilidade do sistema e garantir sua aplicabilidade em larga escala. Sugere-se a realização de testes específicos para avaliar a taxa de perda de pacotes na transmissão, a latência na comunicação entre sensores e servidor, a detecção e remoção de outliers, a taxa de sucesso nas gravações no banco de dados e o impacto da descentralização na qualidade das informações. Além disso, a aplicação de testes de carga no armazenamento pode fornecer informações

cruciais sobre a escalabilidade do sistema e sua capacidade de operar em cenários com grande volume de dados.

## 5 REFERÊNCIAS

ABATE, F.; CARRATÙ, M.; LIGUORI, C.; PACIELLO, V. A low cost smart power meter for IoT. **Measurement**, [S. l.], v. 136, p. 59–66, 2019. DOI: 10.1016/j.measurement.2018.12.069. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.12.069>.

ACKERLEY, D.; DOMMENGET, D. Atmosphere-only GCM (ACCESS1.0) simulations with prescribed land surface temperatures. **Geoscientific Model Development**, [S. l.], v. 9, n. 6, p. 2077–2098, 2016. DOI: 10.5194/gmd-9-2077-2016. Disponível em: <https://gmd.copernicus.org/articles/9/2077/2016/>.

ALENCAR, Leonidas P. De; SEDIYAMA, Gilberto C.; MANTOVANI, Everardo C.; MARTINEZ, Mauro A. Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa - MG. **Engenharia Agrícola**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 631–642, 2011. DOI: 10.1590/S0100-69162011000400002. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162011000400002&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000400002&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 25 jan. 2023.

ALEXANDRIS, Stavros; PROUTSOS, Nikolaos. How significant is the effect of the surface characteristics on the Reference Evapotranspiration estimates? **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 237, p. 106181, 2020. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106181. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106181>. Acesso em: 9 fev. 2023.

AL-GHOBARI, Hussein M.; MOHAMMAD, Fawzi S.; EL MARAZKY, Mohamed S. A.; DEWIDAR, Ahmed Zakaria. Automated irrigation systems for wheat and tomato crops in arid regions. **Water SA**, [S. l.], v. 43, n. 2, p. 354–364, 2017. DOI: 10.4314/wsa.v43i2.18. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/155189>. Acesso em: 11 maio. 2022.

ALLEN, R. G.; FAO (ORG.). **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

ALLEN, Richard G.; PEREIRA, Luis S.; RAES, Dirk; SMITH, Martin. **Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Rome: Food & Agriculture Org, 2006. Disponível em: <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>.

AMARAL, Luiz Augusto Do; NADER FILHO, Antonio; ROSSI JUNIOR, Oswaldo Durival; FERREIRA, Fernanda Lúcia Alves; BARROS, Ludmilla Santana Soares. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 510–514, 2003. DOI: 10.1590/S0034-89102003000400017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102003000400017&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102003000400017&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 6 set. 2022.

AMORIM, Ranieri Carlos Ferreira De. **Espacialização de variáveis meteorológicas combinando informações de imagens de satélite com técnicas de interpolação para o estado de Minas Gerais**. 2009. Agrometeorologia; Climatologia; Micrometeorologia -

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/1489>. Acesso em: 12 out. 2022.

ANJOS, Raul Monte Dos. Irrigação deficitária controlada por etapas na cultura do melão, utilizando o modelo MOPECO. [S. l.], 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/18069>. Acesso em: 13 out. 2022.

AOSONG ELECTRONICS. **Temperature and humidity module AM2302**. Guangzhou Aosong Electronics Co., Ltd. ed. Guangzhou: Aosong, 2020. Disponível em: [https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet\\_DHT22\\_AM2302.pdf](https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_DHT22_AM2302.pdf).

ARDUINO. **Software | Arduino**. 2022. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Acesso em: 25 maio. 2022.

ATTIA, Ahmed; EL-HENDAWY, Salah; AL-SUHAIBANI, Nasser; ALOTAIBI, Majed; TAHIR, Muhammad Usman; KAMAL, Khaled Y. Evaluating deficit irrigation scheduling strategies to improve yield and water productivity of maize in arid environment using simulation. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 249, p. 106812, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.106812. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377421000779>. Acesso em: 26 jul. 2022.

AWADA, Hassan; CIRAIOLO, Giuseppe; MALTESE, Antonino; PROVENZANO, Giuseppe; MORENO HIDALGO, Miguel Angel; CÔRCOLES, Juan Ignacio. Assessing the performance of a large-scale irrigation system by estimations of actual evapotranspiration obtained by Landsat satellite images resampled with cubic convolution. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [S. l.], v. 75, p. 96–105, 2019. DOI: 10.1016/j.jag.2018.10.016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0303243418306019>. Acesso em: 26 jul. 2022.

BADARÓ, Jacqueline Peixoto Miranda; CAMPOS, Vânia Palmeira; DA ROCHA, Franciele Oliveira Campos; SANTOS, Camila Lima. Multivariate analysis of the distribution and formation of trihalomethanes in treated water for human consumption. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 365, p. 130469, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130469. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814621014758>. Acesso em: 31 jan. 2023.

BAI, Tiecheng et al. Simulating on the effects of irrigation on jujube tree growth, evapotranspiration and water use based on crop growth model. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 243, p. 106517, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106517. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106517>. Acesso em: 26 jul. 2022.

BARBIERI, Joao Danilo; DALLACORT, Rivanildo; DANIEL, Diego Fernando; DALCHIAVON, Flávio Carlos; FREITAS, Paulo Sérgio Lourenço De. Cobertura do solo, evapotranspiração e produtividade do milho safrinha. **Revista Cultura Agronômica**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 76–91, 2020. DOI: 10.32929/2446-8355.2020v29n1p76-91. Disponível em: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n1p76-91>. Acesso em: 6 set. 2022.

BECKER, Ansgar. **HeidiSQL [software]**. : HeidiSQL's (MariaDB/MySQL).MuniqueMariaDB, , 2022. SQL (Delphi, Object Pascal)

BETTEGA, Janine Maria Pereira Ramos; MACHADO, Maria Rosa; PRESIBELLA, Mayra; BANISKI, Grazielle; BARBOSA, Carlos de Almeida. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 30, p. 950–954, 2006. DOI: 10.1590/S1413-70542006000500019. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cagro/a/3VjMJ4jszQBmsmFfs3srP4j/?lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2023.

BHATTACHARYYA, Siddhartha Shankar; ADEYEMI, Maxwell Adebayo; ONYENEKE, Robert Ugochukwu; BHATTACHARYYA, Sucheta; FABORODE, Helen Folake Babatola; MELCHOR-MARTÍNEZ, Elda M.; IQBAL, Hafiz M. N.; PARRA-SALDÍVAR, Roberto. Nutrient Budgeting — A Robust Indicator of Soil–Water–Air Contamination Monitoring and Prevention. **Environmental Technology & Innovation**, [S. l.], v. 24, p. 101944, 2021. DOI: 10.1016/j.eti.2021.101944. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186421005927>. Acesso em: 6 set. 2022.

BOGDAN, Mihai. How to Use the DHT22 Sensor for Measuring Temperature and Humidity with the Arduino Board. **ACTA Universitatis Cibiniensis**, [S. l.], v. 68, n. 1, p. 22–25, 2016. DOI: 10.1515/aucts-2016-0005. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/aucts-2016-0005>. Acesso em: 25 jan. 2023.

BOWEN, I. S. The Ratio of Heat Losses by Conduction and by Evaporation from any Water Surface. **Physical Review**, [S. l.], v. 27, n. 6, p. 779–787, 1926. DOI: 10.1103/PhysRev.27.779. Disponível em: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRev.27.779>. Acesso em: 13 out. 2022.

CAMPECHE, Luís Fernando de Souza Magno. **Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração da cultura da lima ácida “Tahiti” (Citrus latifolia Tan.)**. 2002. Doutorado em Irrigação e Drenagem - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. DOI: 10.11606/T.11.2002.tde-05082002-160324. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-05082002-160324/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CARTER, Nicole T. Desalination as a Municipal Water Supply in the United States. *Em: Desalination Sustainability*. [s.l.] : Elsevier, 2017. p. 367–398. DOI: 10.1016/B978-0-12-809791-5.00010-9. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128097915000109>. Acesso em: 31 jan. 2023.

CASTRO JUNIOR, Sergio Luis De; LAMARCA, Daniel Sá Freire; KRAETZER, Thiago Lorente; BALTHAZAR, Glauber da Rocha; CANEPPELE, Fernando de Lima. Sistema baseado na lógica fuzzy para diagnóstico da qualidade da água para o cultivo de tilápia-do-Nilo. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. e3211426933, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i4.26933. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26933>. Acesso em: 29 out. 2022.

CHEN, Mengting; CUI, Yuanlai; WANG, Xiaonan; XIE, Hengwang; LIU, Fangping; LUO, Tongyuan; ZHENG, Shizong; LUO, Yufeng. A reinforcement learning approach to irrigation decision-making for rice using weather forecasts. **Agricultural Water Management**, [S. l.],

v. 250, p. 106838, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.106838. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377421001037>. Acesso em: 26 jul. 2022.

COSTA FILHO, Sérgio Vinícius Serejo Da; ARCE, Julio Eduardo; MONTAÑO, Razer Anthom Nizer Rojas; PELISSARI, Allan Libanio. Configuração de algoritmos de aprendizado de máquina na modelagem florestal: um estudo de caso na modelagem da relação hipsométrica. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 1501–1515, 2019. DOI: 10.5902/1980509828392. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/28392>. Acesso em: 12 out. 2022.

DA SILVA JÚNIOR, José Clodoalves; MEDEIROS, Victor; GARROZI, Cicero; MONTENEGRO, Abelardo; GONÇALVES, Glauco E. Random forest techniques for spatial interpolation of evapotranspiration data from Brazilian's Northeast. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S. l.], v. 166, p. 105017, 2019. DOI: 10.1016/J.COMPAG.2019.105017. Acesso em: 11 maio. 2022.

DELA CRUZ, Jennifer C.; CAYA, Meo Vincent C.; BALLADO, Alejandro H.; AGGABAO, Marc Christian R.; BACOLOR, Eugenie Irene; RIEGO, Harley Ann Gayle G.; VERGARA, Mae Erika M. Evapotranspiration-based Irrigation System for Mustard Green Crop Cultivation using Public Weather Forecast. *Em: 2020 11TH IEEE CONTROL AND SYSTEM GRADUATE RESEARCH COLLOQUIUM (ICSGRC) 2020, Anais [...]. . Em: 2020 11TH IEEE CONTROL AND SYSTEM GRADUATE RESEARCH COLLOQUIUM (ICSGRC). [s.l.: s.n.] p. 203–208. DOI: 10.1109/ICSGRC49013.2020.9232454.*

DINGRE, S. K.; GORANTIWAR, S. D. Determination of the water requirement and crop coefficient values of sugarcane by field water balance method in semiarid region. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 232, p. 106042, 2020. DOI: 10.1016/J.AGWAT.2020.106042. Acesso em: 11 maio. 2022.

DOMÍNGUEZ-NIÑO, Jesús María; OLIVER-MANERA, Jordi; GIRONA, Joan; CASADESÚS, Jaume. Differential irrigation scheduling by an automated algorithm of water balance tuned by capacitance-type soil moisture sensors. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 228, p. 105880, 2020. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105880. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105880>. Acesso em: 7 fev. 2023.

ELSEVIER INC. **Mendeley Data [software]**. New York, NY Mendeley Ltd., , 2021. Mendeley

EMBRAPA. **Agricultura movida a ciência**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA. Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas. Secretaria Geral., 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/0/Agricultura+movida+a+ci%C3%A7ncia+abril+2022/efb69786-c518-b914-e852-d7d80980f9de>.

FABBRI, Sandra; SILVA, Cleiton; HERNANDES, Elis; OCTAVIANO, Fábio; DI THOMMAZO, André; BELGAMO, Anderson. Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process. *Em: PROCEEDINGS OF THE 20TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVALUATION AND ASSESSMENT IN SOFTWARE ENGINEERING 2016, Limerick Ireland. Anais [...]. . Em: EASE '16: 20TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVALUATION AND ASSESSMENT IN SOFTWARE ENGINEERING. Limerick Ireland: ACM, 2016. p. 1–5. DOI:*

10.1145/2915970.2916013. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2915970.2916013>. Acesso em: 11 jun. 2021.

FAO (ORG.). **The state of food and agriculture 2009**. Rome: FAO, 2009.

FERRARI, Fabrício Augusto. **Crie banco de dados em MySQL**. São Paulo: Digerati Books, 2007.

FIESP. **Agronegócio do Amendoim no Brasil: produção, transformação e oportunidades**. São Paulo: FIESP, 2021.

FOX, Armando; PATTERSON, David A.; KON, Fabio; CORDEIRO, Daniel. **Construindo software como serviço (SaaS): uma abordagem ágil usando computação em nuvem**. 1.1.2 ed. [s.l.] : Strawberry Canyon LLC, 2015.

FRÉDETTE, Chloé; GREBENSHCHYKOVA, Zhanna; COMEAU, Yves; BRISSON, Jacques. Evapotranspiration of a willow cultivar (*Salix miyabeana* SX67) grown in a full-scale treatment wetland. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 127, p. 254–262, 2019. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2018.11.027. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.11.027>. Acesso em: 26 jul. 2022.

FUNABASHI, Toshihisa (ORG.). **Integration of distributed energy resources in power systems: implementation, operation and control**. Amsterdam: Elsevier ; Academic Press, 2016.

GENCOGLAN, Cafer; GENCOGLAN, Serpil; MERDUN, Hasan; UCAN, Kenan. Determination of ponding time and number of on–off cycles for sprinkler irrigation applications. **Agricultural water management**, [S. l.], v. 72, n. 1, p. 47–58, 2005. Disponível em: [https://scholar.google.co.kr/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=ko&user=-u4URMcAAAAJ&citation\\_for\\_view=-u4URMcAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC](https://scholar.google.co.kr/citations?view_op=view_citation&hl=ko&user=-u4URMcAAAAJ&citation_for_view=-u4URMcAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC).

GRAFANA LABS. **Grafana**. , 2024. Disponível em: <https://grafana.com/docs/grafana/latest/introduction/>.

GT AGENDA 2030. **VI Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável Brasil**. Brasil. Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/relatorio-luz/relatorio-luz-2022/>. Acesso em: 6 set. 2022.

GUIMARÃES, Márcia Regina Neves; LARA, Felipe Ferreira De; TRINDADE, Raissa Oliveira Peroba. A Relação Entre a Estratégia De Produção E a Prática Da Inovação Tecnológica: Um Estudo Em Uma Empresa Produtora De Alumínio. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 109–135, 2015. DOI: 10.1590/1678-69712015/administracao.v16n3p109-135.

GUYATT, Gordon H. et al. GRADE guidelines: 5. Rating the quality of evidence—publication bias. **Journal of Clinical Epidemiology**, [S. l.], v. 64, n. 12, p. 1277–1282, 2011. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2011.01.011. Disponível em: [https://www.jclinepi.com/article/S0895-4356\(11\)00181-8/abstract](https://www.jclinepi.com/article/S0895-4356(11)00181-8/abstract). Acesso em: 9 jun. 2021.

GUYATT, Gordon H.; OXMAN, Andrew D.; KUNZ, Regina; VIST, Gunn E.; FALCK-YTTER, Yngve; SCHÜNEMANN, Holger J. What is “quality of evidence” and why is it important to clinicians? **BMJ : British Medical Journal**, [S. l.], v. 336, n. 7651, p. 995–998, 2008. DOI: 10.1136/bmj.39490.551019.BE. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2364804/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

HAGHVERDI, Amir; SINGH, Amninder; SAPKOTA, Anish; REITER, Maggie; GHODSI, Somayeh. Developing irrigation water conservation strategies for hybrid bermudagrass using an evapotranspiration-based smart irrigation controller in inland southern California. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 245, p. 106586, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106586. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377420321338>. Acesso em: 26 jul. 2022.

IHAKA, Ross et al. **The R Project for Statistical Computing [software]**. : R Core Team. Vienna, Austria The R Foundation, , 2022. R: Software Development Life Cycle

IHAKA, Ross; GENTLEMAN, Robert. **The R Project for Statistical Computing [software]**. : R Core Team. Vienna, Austria The R Foundation, , 2018. R: Software Development Life Cycle

INDE. **Build: 2.0.0.31502 - Visualizador da INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**, 2022.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)**. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 9 fev. 2023.

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA. **International Symposium on Smart Orchard Irrigation Systems - ISSOIS 2019 | Instituto Superior de Agronomia**. 2019. Disponível em: <https://www.isa.ulisboa.pt/vida-no-isa/destaques/eventos-internos/20190211-international-symposium-on-smart-orchard-irrigation-systems>. Acesso em: 7 fev. 2023.

**IoTStack**. , [s.d.]. Disponível em: <https://sensortiot.github.io/IOTstack>. Acesso em: 18 nov. 2024.

JAMESON, John. **Proteus Design Suite [software]**. : Proteus. North Yorkshire, England Labcenter Electronics Ltd., , 2018. ISIS – Intelligent Schematic Input System and VSM – Virtual System Modeling

JO, Won Jun; SHIN, Jong Hwa. Development of a transpiration model for precise tomato (*Solanum lycopersicum* L.) irrigation control under various environmental conditions in greenhouse. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 162, p. 388–394, 2021. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.03.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942821001261>.

KADLEC, Robert H.; WALLACE, Scott D. **Treatment wetlands**. 2nd ed ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2009.

KAMARUDIN, Mohd Hider; ISMAIL, Zool Hilmi; SAIDI, Noor Baity. Deep Learning Sensor Fusion in Plant Water Stress Assessment: A Comprehensive Review. **Applied**

**Sciences**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 1403, 2021. DOI: 10.3390/app11041403. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/4/1403>. Acesso em: 6 set. 2022.

KANG, Jian; HAO, Xinmei; ZHOU, Huiping; DING, Risheng. An integrated strategy for improving water use efficiency by understanding physiological mechanisms of crops responding to water deficit: Present and prospect. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 255, p. 107008, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377421002730>. Acesso em: 6 set. 2022.

KATO, Takeyoshi. Prediction of photovoltaic power generation output and network operation. *Em: **Integration of Distributed Energy Resources in Power Systems***. [s.l.] : Elsevier, 2016. p. 77–108. DOI: 10.1016/B978-0-12-803212-1.00004-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803212-1.00004-0>. Acesso em: 8 fev. 2023.

KHEIR, Ahmed M. S.; ALRAJHI, Abdullah A.; GHONEIM, Adel M.; ALI, Esmat F.; MAGRASHI, Ali; ZOGHDAN, Medhat G.; ABDELKHALIK, Sedhom A. M.; FAHMY, Ahmed E.; ELNASHAR, Abdelrazek. Modeling deficit irrigation-based evapotranspiration optimizes wheat yield and water productivity in arid regions. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 256, p. 107122, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107122. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037837742100398X>. Acesso em: 26 jul. 2022.

KHOURI, Jean. Sustainable development and management of water resources in the Arab region. *Em: **Developments in Water Science***. [s.l.] : Elsevier, 2003. v. 50p. 199–220. DOI: 10.1016/S0167-5648(03)80018-7. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0167-5648\(03\)80018-7](https://doi.org/10.1016/S0167-5648(03)80018-7). Acesso em: 31 jan. 2023.

KISEKKA, I.; SCHLEGEL, A.; MA, L.; GOWDA, P. H.; PRASAD, P. V. V. Optimizing preplant irrigation for maize under limited water in the High Plains. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 187, p. 154–163, 2017. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377417301038>. Acesso em: 26 jul. 2022.

KITCHENHAM, Barbara; MADEYSKI, Lech; BRERETON, Pearl. Meta-analysis for families of experiments in software engineering: a systematic review and reproducibility and validity assessment. **Empirical Software Engineering**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 353–401, 2020. DOI: 10.1007/s10664-019-09747-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10664-019-09747-0>. Acesso em: 26 abr. 2021.

KLANT, Luciana Maria; SANTOS, Vanderley Severino Dos. O uso do software IRAMUTEQ na análise de conteúdo - estudo comparativo entre os trabalhos de conclusão de curso do ProfEPT e os referenciais do programa. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. e8210413786, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.13786. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13786>. Acesso em: 9 mar. 2022.

KOMATSU, Hikaru. Modeling evapotranspiration changes with managing Japanese cedar and cypress plantations. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 475, p. 118395, 2020. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118395. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118395>. Acesso em: 26 jul. 2022.

KONSTANTINO, Corina; GAENGLER, Stephanie; OIKONOMOU, Stavros; DELPLANCKE, Thibaut; CHARISIADIS, Pantelis; MAKRIS, Konstantinos C. Use of metabolomics in refining the effect of an organic food intervention on biomarkers of exposure to pesticides and biomarkers of oxidative damage in primary school children in Cyprus: A cluster-randomized cross-over trial. **Environment International**, [S. l.], v. 158, p. 107008, 2022. DOI: 10.1016/j.envint.2021.107008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412021006334>.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LANDO, Felipe. **AND, OR, NOT - Operadores booleanos na busca de artigos**. 2020. Disponível em: <https://www.academicapesquisa.com.br/post/operadores-booleanos>. Acesso em: 24 ago. 2021.

LAPES. **StArt (State of the Art through Systematic Review) [software]**. : StArt.São Carlos - SPUniversidade Federal de São Carlos (DC/UFSCar), , 2020. Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software

LEITE, Alisson Rodolfo et al. Automated Evapotranspiration Research Dataset used in a Systematic Review and Meta-analysis. [S. l.], v. 1, 2022. DOI: 10.17632/89wr243dbt.1. Disponível em: <https://data.mendeley.com/datasets/89wr243dbt>. Acesso em: 18 out. 2022.

LIAO, Renkuan; ZHANG, Shirui; ZHANG, Xin; WANG, Mingfei; WU, Huarui; ZHANGZHONG, Lili. Development of smart irrigation systems based on real-time soil moisture data in a greenhouse: Proof of concept. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 245, p. 106632, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106632. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037837742032179X>. Acesso em: 26 jul. 2022.

LIU, Zhigang; XU, Qinchao. An Automatic Irrigation Control System for Soilless Culture of Lettuce. **Water** 2018, Vol. 10, Page 1692, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 1692, 2018. DOI: 10.3390/W10111692. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/11/1692/htm>. Acesso em: 11 maio. 2022.

MANCINI, Marisa C.; CARDOSO, Jefferson R.; SAMPAIO, Rosana F.; COSTA, Lucíola C. M.; CABRAL, Cristina M. N.; COSTA, Leonardo O. P. Tutorial for writing systematic reviews for the Brazilian Journal of Physical Therapy (BJPT). **Brazilian Journal of Physical Therapy**, [S. l.], v. 18, n. 6, p. 471–480, 2014. DOI: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0077. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-35552014000600471&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552014000600471&lng=en&nrm=iso&tlng=en). Acesso em: 22 fev. 2022.

MARTÍNEZ, Marta Pagán; CREMASCO, Camila Pires; GABRIEL FILHO, Luís Roberto Almeida; BRAGA JUNIOR, Sergio Silva; BEDNASKI, Adriano Viana; QUEVEDO-SILVA, Filipe; CORREA, Caroline Miranda; DA SILVA, Dirceu; MOURA-LEITE PADGETT, Rosamaria Cox. Fuzzy inference system to study the behavior of the green consumer facing the perception of greenwashing. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 242, p. 116064, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.03.060. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.060>. Acesso em: 30 out. 2022.

MARTÍNEZ-ROMERO, A.; LÓPEZ-URREA, R.; MONTOYA, F.; PARDO, J. J.; DOMÍNGUEZ, A. Optimization of irrigation scheduling for barley crop, combining AquaCrop and MOPECO models to simulate various water-deficit regimes. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 258, p. 107219, 2021. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107219. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377421004960>. Acesso em: 26 jul. 2022.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A. **Agro 4.0 - rumo à agricultura digital**. [s.l.] : In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, W. T. L. da; VALE, J. M. F. do; PURINI, S. R. de M.; MAGNONI, M. da G. M.; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, E. F.; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I. (Org.). *JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil*. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017., 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1073150>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MCGOWAN, Jessie; SAMPSON, Margaret; SALZWEDEL, Douglas M.; COGO, Elise; FOERSTER, Vicki; LEFEBVRE, Carol. PRESS Peer Review of Electronic Search Strategies: 2015 Guideline Statement. **Journal of Clinical Epidemiology**, [S. l.], v. 75, p. 40–46, 2016. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2016.01.021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0895435616000585>. Acesso em: 18 abr. 2021.

MENG, Wei; SUN, Xihuan; MA, Juanjuan; GUO, Xianghong; LEI, Tao; LI, Ruofan. Measurement and simulation of the water storage pit irrigation trees evapotranspiration in the Loess Plateau. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 226, p. 105804, 2019. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105804. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377419307279>. Acesso em: 26 jul. 2022.

MÉRIDA GARCÍA, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, I.; CAMACHO POYATO, E.; MONTESINOS BARRIOS, P.; RODRÍGUEZ DÍAZ, J. A. Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 175, p. 670–682, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.093. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617330433>.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft® Excel 2016 [software]**. Santa Rosa, California, USAMicrosoft Corporation, , 2016. Microsoft Office Professional Plus 2016

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Power BI [software]**. : Microsoft® Power BI Tools.Santa Rosa, California, USAMicrosoft Corporation, , 2024. Microsoft Powerful Platform

MILLÁN, Sandra; CASADESÚS, Jaume; CAMPILLO, Carlos; MOÑINO, María José; PRIETO, Maria Henar. Using Soil Moisture Sensors for Automated Irrigation Scheduling in a Plum Crop. **Water** 2019, **Vol. 11**, **Page 2061**, [S. l.], v. 11, n. 10, p. 2061, 2019. DOI: 10.3390/W11102061. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/10/2061/htm>. Acesso em: 11 maio. 2022.

MOGHADAM, Hamid Reza Tohidi. Application of super absorbent polymer and ascorbic acid to mitigate deleterious effects of cadmium in wheat. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 46, p. 09–18, 2016. DOI: 10.1590/1983-40632016v4638946. Disponível em:

<http://www.scielo.br/j/pat/a/5M8tbF8dkxQXVVqSBqcNWhn/abstract/?lang=en>. Acesso em: 6 set. 2022.

MONTORO, A.; MAÑAS, F.; LÓPEZ-URREA, R. Transpiration and evaporation of grapevine, two components related to irrigation strategy. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 177, p. 193–200, 2016. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.07.005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377416302517>. Acesso em: 26 jul. 2022.

MONTOYA, Marco Antonio; FINAMORE, Eduardo Belisário. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, [S. l.], v. 74, n. 4, 2020. DOI: 10.5935/0034-7140.20200021. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_issues&pid=0034-7140&lng=en&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issues&pid=0034-7140&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 7 set. 2022.

MUNZLINGER, Elizabete; NARCIZO, Fabricio Batista; QUEIROZ, J. Sistematização de revisões bibliográficas em pesquisas da área de IHC. *Em: IHC 2012, Anais [...]*. [s.l: s.n.] Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Sistematiza%C3%A7%C3%A3o-de-revis%C3%B5es-bibliogr%C3%A1ficas-em-da-de-Munzlinger-Narcizo/02106af070503f194c89d37b9240b3deeff7134a>. Acesso em: 5 abr. 2021.

NATIONAL MAPPING AGENCY. **Topographic-map [software]**. : Map series.LondonNational Mapping Agency, , 2022. Disponível em: <https://pt-br.topographic-map.com/>. Acesso em: 25 jan. 2023.geodetic datum

NIMAH, M. N.; HANKS, R. J. Model for Estimating Soil Water, Plant, and Atmospheric Interrelations: I. Description and Sensitivity. **Soil Science Society of America Journal**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 522–527, 1973. DOI: 10.2136/sssaj1973.03615995003700040018x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaj1973.03615995003700040018x>. Acesso em: 11 out. 2022.

OKI, Taikan; KANAE, Shinjiro. Global Hydrological Cycles and World Water Resources. **Science**, [S. l.], v. 313, n. 5790, p. 1068–1072, 2006. DOI: 10.1126/science.1128845. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1128845>. Acesso em: 6 set. 2022.

OLIVEIRA, Cibelle Tamiris. Modelo Aquacrop : calibração, validação e uso para soja e milho na região dos campos gerais. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/56229>. Acesso em: 13 out. 2022.

OLIVERA-GUERRA, Luis; MERLIN, Olivier; ER-RAKI, Salah. Irrigation retrieval from Landsat optical/thermal data integrated into a crop water balance model: A case study over winter wheat fields in a semi-arid region. **Remote Sensing of Environment**, [S. l.], v. 239, p. 111627, 2020. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111627. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425719306479>. Acesso em: 26 jul. 2022.

OPENJS FOUNDATION & CONTRIBUTORS. **Node-RED**. OpenJS Foundation & Contributors, , 2013. Disponível em: [nodered.org](https://nodered.org).

ORACLE CORPORATION. **MySQL Workbench Enterprise Edition [software]**. : MySQL Workbench.Redwood Shores, CAOracle America, Inc., , 2022. Oracle

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **PLOS Medicine**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. e1003583, 2021. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003583. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>.

PENMAN, Howard Latimer. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences**, [S. l.], v. 193, n. 1032, p. 120–145, 1948. DOI: 10.1098/rspa.1948.0037. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.1948.0037>. Acesso em: 11 out. 2022.

PEREIRA, Donizete dos Reis; YANAGI, Sílvia de Nazaré Monteiro; MELLO, Carlos Rogério De; SILVA, Antônio Marciano Da; SILVA, Lucas Alves Da. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 39, p. 2488–2493, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009000900016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000900016>. Acesso em: 8 fev. 2023.

PEREIRA, Vágna da Costa; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku; DE MOURA, Magna Soelma Beserra; DA SILVA, Thieres George Freire; DE SOUZA, Luciana Sandra Bastos. Water use efficiency in irrigated “Syrah” grape plantation at são francisco river valley. **IRRIGA**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 269–283, 2016. DOI: 10.15809/irriga.2016v21n2p269-283. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2000>. Acesso em: 11 maio. 2022.

PEREIRA, Vágna Da Costa; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku; DE MOURA, Magna Soelma Beserra; DA SILVA, Thieres George Freire; DE SOUZA, Luciana Sandra Bastos. EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM VIDEIRA ‘SYRAH’ IRRIGADA NO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO1. **IRRIGA**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 269, 2018. DOI: 10.15809/irriga.2016v21n2p269-283. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2000>. Acesso em: 26 jul. 2022.

PERERA, Kushan C.; WESTERN, Andrew W.; ROBERTSON, David E.; GEORGE, Biju; NAWARATHNA, Bandara. Ensemble forecasting of short-term system scale irrigation demands using real-time flow data and numerical weather predictions. **Water Resources Research**, [S. l.], v. 52, n. 6, p. 4801–4822, 2016. DOI: 10.1002/2015WR018532. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015WR018532>. Acesso em: 11 maio. 2022.

PETEREK, Martin; MONTAVON, Benjamin. Prototype for dual digital traceability of metrology data using X.509 and IOTA. **CIRP Annals**, [S. l.], v. 69, n. 1, p. 449–452, 2020. DOI: 10.1016/j.cirp.2020.04.104. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.04.104>.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. **Monthly Weather Review**, [S. l.], v. 100, n. 2, p. 81–92, 1972. DOI: 10.1175/1520-0493(1972)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2. Disponível em: [http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0493\(1972\)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0493(1972)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2). Acesso em: 13 out. 2022.

PRISMA-P GROUP; MOHER, David; SHAMSEER, Larissa; CLARKE, Mike; GHERSI, Davina; LIBERATI, Alessandro; PETTICREW, Mark; SHEKELLE, Paul; STEWART, Lesley A. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1, 2015. DOI: 10.1186/2046-4053-4-1. Disponível em: <https://systematicreviewjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-4053-4-1>. Acesso em: 19 mar. 2022.

QIN, Shujing; LI, Sien; KANG, Shaozhong; DU, Taisheng; TONG, Ling; DING, Risheng. Can the drip irrigation under film mulch reduce crop evapotranspiration and save water under the sufficient irrigation condition? **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 177, p. 128–137, 2016. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.06.022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037837741630227X>. Acesso em: 26 jul. 2022.

**Raspberry Pi 4 Model B mechanical drawing**. , 2019. Disponível em: [https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-mechanical-drawing.pdf?\\_gl=1\\*1bkcpxn\\*\\_ga\\*NjkyMTgzODYzLjE2ODEyNTAxOTY.\\*\\_ga\\_22FD70LWDS\\*MTY4NzAyNzc4OS4xLjEuMTY4NzAyOTI4NS4wLjAuMA..](https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-mechanical-drawing.pdf?_gl=1*1bkcpxn*_ga*NjkyMTgzODYzLjE2ODEyNTAxOTY.*_ga_22FD70LWDS*MTY4NzAyNzc4OS4xLjEuMTY4NzAyOTI4NS4wLjAuMA..) Acesso em: 19 jun. 2013.

**Raspberry Pi 4 Tech Specs**. , 2019. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

RASPBERRY PI FOUNDATION. **Raspberry Pi Imager**. , 2019. Disponível em: [www.raspberrypi.com/software/](http://www.raspberrypi.com/software/). Acesso em: 19 nov. 2024.

**Raspberry Pi hardware**. , 2019. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html>. Acesso em: 19 jun. 2023.

RATINAUD, Pierre. **IRaMuTeQ (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires) [software]**. Boston, MA, USALERASS - Laboratoire d'Études et de Recherches Appliquées en Sciences Sociales, , 2014.

RIBEIRO, Helena; JAIME, Patrícia Constante; VENTURA, Deisy. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 31, n. 89, p. 185–198, 2017. DOI: 10.1590/s0103-40142017.31890016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142017000100185&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100185&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 15 nov. 2021.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, [S. l.], v. 11, p. 83–89, 2007. DOI: 10.1590/S1413-35552007000100013. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2021.

SANTOS, Cristina Mamédio da Costa; PIMENTA, Cibele Andrucioli de Mattos; NOBRE, Moacyr Roberto Cuce. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 508–511, 2007. DOI: 10.1590/S0104-11692007000300023. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-11692007000300023&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692007000300023&lng=en&tlng=en). Acesso em: 18 abr. 2021.

SEGOVIA-CARDOZO, Daniel Alberto; RODRÍGUEZ-SINOBAS, Leonor; ZUBELZU, Sergio. Water use efficiency of corn among the irrigation districts across the Duero river basin (Spain): Estimation of local crop coefficients by satellite images. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 212, p. 241–251, 2019. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.08.042. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377418313210>. Acesso em: 26 jul. 2022.

SHAHADAD, Syed Yasmeen; SABAHATH, Asfia; PARVEEZ, Reshma. Architecture, issues and challenges of wireless mesh network. *Em: 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATION AND SIGNAL PROCESSING (ICCSP) 2016, Anais [...]. . Em: 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATION AND SIGNAL PROCESSING (ICCSP). [s.l: s.n.] p. 0557–0560. DOI: 10.1109/ICCSP.2016.7754201. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7754201>. Acesso em: 11 mar. 2025.*

SHUAISHUAI, Li; LI, Li; SHIWANG, Chen; FANJIA, Meng; HAIHUA, Wang; ZHANZHAN, Su; SIGRIMIS, N. A. Prediction Model of Transpiration Rate of Strawberry in Closed Cultivation Based on DBN-LSSVM Algorithm. **IFAC-PapersOnLine**, [S. l.], v. 51, n. 17, p. 460–465, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.171. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405896318312898>. Acesso em: 26 jul. 2022.

SHUTTLEWORTH, W. James; WALLACE, J. S. Evaporation from sparse crops-an energy combination theory: EVAPORATION FROM SPARSE CROPS. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, [S. l.], v. 111, n. 469, p. 839–855, 1985. DOI: 10.1002/qj.49711146910. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.49711146910>. Acesso em: 11 out. 2022.

SILVA, Alexsandro Oliveira Da et al. Irrigation in the age of agriculture 4.0: management, monitoring and precision. **Revista Ciencia Agronomica**, [S. l.], v. 51, n. 5, p. 1–17, 2020. DOI: 10.5935/1806-6690.20200090. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100781509&doi=10.5935%2f1806-6690.20200090&partnerID=40&md5=c4b548e71418559d9a8bce00184db8df>.

SIMON TATHAM. **Putty**. , 1997. Disponível em: <https://www.putty.org/>. Acesso em: 18 nov. 2024.

SIQUEIRA, Jucilene de Medeiros. **Sistema de controlo inferencial com dispositivos sensoriais direcionados para o uso eficiente da água na agricultura**. 2019. doctoralThesis - ISA/UL, Lisboa, 2019. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/18331>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SIQUEIRA, Jucilene De Medeiros; SILVA, Jose Machado Da; PAÇO, Teresa A. Smart orchard irrigation system. *Em: 2015 CONFERENCE ON DESIGN OF CIRCUITS AND INTEGRATED SYSTEMS (DCIS) 2015, Estoril. Anais [...]. . Em: 2015 CONFERENCE ON DESIGN OF CIRCUITS AND INTEGRATED SYSTEMS (DCIS). Estoril: IEEE, 2015. p. 1–6. DOI: 10.1109/DCIS.2015.7388606. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/DCIS.2015.7388606>. Acesso em: 7 fev. 2023.*

SIVALAKSHMI, P.; SHANTHI, K. G.; SANGEETHALAKSHMI, K.; SESHVIDHYA, S.; SANDHIYA, G.; RAJKUMAR, M. Smart auction system flow model for Agro-Based sector farmers using blockchain technology. **Materials Today: Proceedings**, [S. l.], p. S2214785321042619, 2021. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.05.634. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785321042619>. Acesso em: 13 out. 2022.

SMART PROJECTS. **Arduino Integrated Development Environment [software]**. : Arduino. Al Khobar, Arábia Saudita Smart Projects Construction Company, , 2021. Arduino IDE

SOFTPERFECT PTY LTD. **SoftPerfect Network Scanner**. , 2000. Disponível em: <https://www.softperfect.com/products/networkscanner/>. Acesso em: 20 nov. 2024. Windows, macOS e Linux

SOUZA, Gustavo Soares De; LIMA, Julião Soares de Souza; XAVIER, Alexandre Cândido; ROCHA, Wadson Sebastião Duarte Da. KRIGAGEM ORDINÁRIA E INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA APLICADOS NA ESPACIALIZAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO. **Scientia Agraria**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 073, 2010. DOI: 10.5380/rsa.v11i1.15939. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/15939>. Acesso em: 12 out. 2022.

SOUZA, Marli Aparecida Rocha De; WALL, Marilene Loewen; THULER, Andrea Cristina de Moraes Chaves; LOWEN, Ingrid Margareth Voth; PERES, Aida Maris. O uso do software IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, [S. l.], v. 52, n. 0, 2018. DOI: 10.1590/s1980-220x2017015003353. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0080-62342018000100444&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342018000100444&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 22 fev. 2022.

STANGHELLINI, C. **Transpiration of greenhouse crops : an aid to climate management**. 1987. phd - IMAG, Wageningen, 1987. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/2690>. Acesso em: 13 out. 2022.

SUN, Miao; GAO, Xuerui; ZHANG, Yulin; SONG, Xiaolin; ZHAO, Xining. A new solution of high-efficiency rainwater irrigation mode for water management in apple plantation: Design and application. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 259, p. 107243, 2022. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107243. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377421005205>. Acesso em: 26 jul. 2022.

TASSONI, A. et al. State-of-the-art production chains for peas, beans and chickpeas—valorization of agro-industrial residues and applications of derived extracts. **Molecules**, [S. l.], v. 25, n. 6, 2020. DOI: 10.3390/molecules25061383. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082052395&doi=10.3390%2fmolecules25061383&partnerID=40&md5=143a9474d2e47716ffea7439d15e42ff>.

THE DIA DEVELOPERS. **Dia Diagram Editor**. , 2004. Disponível em: <http://dia-installer.de/index.html.en>. Acesso em: 20 nov. 2024.

THE MATHWORKS. **Matlab R2022a [software]**. : Matlab. Natick, Massachusetts The MathWorks, Inc., , 2022. MATLAB and Simulink

THOMAS, Sabu; RANE, Ajay; ABITHA V. K; KANNY, Krishnan; DUTTA, Aastha (ORG.). **Hydraulic rubber dam: an effective water management technology**. Oxford Cambridge, MA: William Andrew is an imprint of Elsevier, 2019.

TIE, Qiang; HU, Hongchang; TIAN, Fuqiang; HOLBROOK, N. Michele. Comparing different methods for determining forest evapotranspiration and its components at multiple temporal scales. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 633, p. 12–29, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.082. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718308362>. Acesso em: 26 jul. 2022.

VANINO, Silvia et al. Capability of Sentinel-2 data for estimating maximum evapotranspiration and irrigation requirements for tomato crop in Central Italy. **Remote Sensing of Environment**, [S. l.], v. 215, p. 452–470, 2018. DOI: 10.1016/j.rse.2018.06.035. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425718303134>. Acesso em: 26 jul. 2022.

VIAIS NETO, Daniel dos Santos; PRADELA, Valter Alves; FILHO, Luís Roberto Almeida Gabriel; CREMASCO, Camila Pires; MARIA, Ana Carolina Geraldo De; OLIVEIRA, Gustavo Silva De. Modelagem fuzzy para avaliação da produção de mudas de tomate cereja utilizando diferentes doses de polímeros e níveis de irrigação. **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 93–103, 2018. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2253>. Acesso em: 25 jan. 2023.

WANG, Di; WANG, Li. Dynamics of evapotranspiration partitioning for apple trees of different ages in a semiarid region of northwest China. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 191, p. 1–15, 2017. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.05.010. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377417301877>. Acesso em: 26 jul. 2022.

WILLMOT, Cort J.; ACKLESON, Steven G.; DAVIS, Robert E.; FEDDEMA, Johannes J.; KLINK, Katherine M.; LEGATES, David R.; O'DONNELL, James; ROWE, Clinton M. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, [S. l.], v. 90, n. C5, p. 8995–9005, 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>. Acesso em: 12 out. 2022.

WORKSWITHWEB. **MQTTBox**. workswithweb, , 2016. Disponível em: <https://github.com/workswithweb/MQTTBox>. Acesso em: 5 jul. 2023. Chrome, Linux, MAC, Web and Windows

XIE, Jiaying; CHEN, Yufeng; GAO, Peng; SUN, Daozong; XUE, Xiuyun; YIN, Dongxiao; HAN, Yuxing; WANG, Weixing. Smart fuzzy irrigation system for litchi orchards. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S. l.], v. 201, p. 107287, 2022. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107287. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107287>. Acesso em: 7 fev. 2023.

## APÊNDICE 1 - Conjunto de dados de pesquisa de evapotranspiração automatizado usado em uma revisão sistemática e meta-análise

Link de Acesso ao Artigo Completo:

<http://dx.doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2023v9n1a41en>

### Conjunto de dados de pesquisa de evapotranspiração automatizado usado em uma revisão sistemática e meta-análise

#### Autores

*Alisson Rodolfo Leite*<sup>1\*</sup>; *Renata Nagima Imada*<sup>1</sup>; *João Paulo Mantovani*<sup>1</sup>; *Leandro Paloma Mantovani*<sup>1</sup>; *Fabiano Pinto Neves*<sup>1</sup>; *Jucilene de Medeiros Siqueira*<sup>1</sup>; *Paulo Sérgio Barbosa dos Santos*<sup>1</sup>; *Celso da Silva*<sup>1,2,3</sup>; *Camila Pires Cremasco*<sup>1</sup>; *Luís Roberto Almeida Gabriel Filho*<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Tupã 17602-673, Brasil.

<sup>2</sup> Faculdade Maurício de Nassau – Reitoria, Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU), Recife 52011-220, Brasil.

<sup>3</sup> Conselho Regional de Administração – CRA/SP, São Paulo 01427-001, Brasil.

\* Correspondência: [alisson.rodolfo@unesp.br](mailto:alisson.rodolfo@unesp.br)

**Resumo:** Tendo em vista a escassez de recursos hídricos que vem se agravando ao longo do tempo e o alto consumo desses recursos pelo agronegócio, surge a necessidade de estudos que possam gerir tal ação de forma sustentável, proporcionando segurança alimentar para a população presente e Mundo futuro. **Antecedentes:** com o tema: Qual é a visão sistêmica dos modelos e técnicas automatizadas para determinação ou estimativa de transpiração, evaporação ou evapotranspiração para plantações? **Objetivos:** Identificar na literatura recente o que pesquisadores e cientistas têm divulgado sobre métodos de automação para irrigação, com foco na estimativa da evapotranspiração. Identificar métodos, modelos e técnicas de inferência da evapotranspiração. **Métodos:** A metodologia baseou-se no ensaio teórico exploratório com características qualitativas e quantitativas por meio de Revisão Sistemática e Metanálise dos dados. **Resultados:** Espera-se identificar tendências nas linhas de pesquisa e observar métodos de baixo custo e otimização de sistemas de evapotranspiração que permitam maior economia e eficiência.

**Palavras-chave:** Eficiência no uso da água. Irrigação. Automação. evapotranspiração. Revisão sistemática.

## TABELA DE ESPECIFICAÇÕES

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Assunto                        | Os dados constantes referem-se à área de: Engenharia Agrícola                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Área específica                | Agronegócio e Engenharia Agrícola<br><br>Sistema de aquisição, processamento e análise de dados com rede de sensores de baixo custo para o uso eficiente da água na agricultura. Processo CNPq: 434987/2018-2 - Edital Universal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Tipo de dados                  | Os dados que compõem este artigo são formados por diversos arquivos utilizados em seu desenvolvimento, gerados com auxílio do software utilizado no desenvolvimento do trabalho, que possibilitou gerar:<br>Mesa<br>Imagem<br>Gráfico<br>Gráfico<br>Figura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Como os dados foram adquiridos | Os dados foram adquiridos: por meio de uma pesquisa, razão pela qual possui um diretório de material complementar.<br>Muitos dos dados foram gerados através da aplicação de instrumentos de software como:<br><br>IHAKA, R. et al. O Projeto R para Computação Estatística [software] . Versão 4.2.1. Viena, Áustria: The R Foundation, 2022. (R Core Team). R: Ciclo de Vida do Desenvolvimento de Software.<br>LAPES. StArt (Estado da Arte através da Revisão Sistemática) [software] . Versão 3.0.3 Beta. São Carlos - SP: Universidade Federal de São Carlos (DC/UFSCar), 2020. (StArt). Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software.<br>CORPORAÇÃO MICROSOFT. Microsoft® Excel 2016 [software] . Versão 2016. Santa Rosa, Califórnia, EUA: Microsoft Corporation, 2016a. Microsoft Office Professional Plus 2016.<br>CORPORAÇÃO MICROSOFT. Microsoft® Word 2016 [software] . Versão 2016. Santa Rosa, Califórnia, EUA: Microsoft Corporation, 2016b. Microsoft Office Professional Plus 2016.<br>RATINAUD, P. IRaMuTeQ (Interface de R para Análises Multidimensionais de Textos e Questionários) [software] . Versão 0.7 alpha 2. Boston, MA, EUA: LERASS - Laboratoire d'Études et de Recherches Appliquées en Sciences Sociales, 2014.<br>A COLABORAÇÃO COCHRANE. Review Manager (RevMan) [Programa de computador] . Versão Versão 5.4. Londres, Reino Unido: The Cochrane Collaboration, 2020.<br>OS TRABALHOS DE MATEMÁTICA. Matlab R2022a [software] . Versão R2022a 2 (9.12.0.1956245). Natick, Massachusetts: The MathWorks, Inc., 2022. (Matlab). MATLAB e Simulink. |
| Formato de dados               | Os dados incluídos estão nos seguintes formatos:<br>Bruto<br>analisado<br>filtrado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Descrição da coleta de dados   | As buscas e estratégias de levantamento dos estudos nas bases de dados dos repositórios foram realizadas nas seguintes bases de dados: IEEE, Scielo, Science Direct, Scopus e Web of Science. Os procedimentos de seleção, inclusão e exclusão dos estudos foram realizados por meio dos metadados utilizando o software StArt® - State of the Art Through Systematic Review (LAPES, 2020) para maior assertividade e registro das ações com base no protocolo estabelecido (FABBRI et al. , 2016; MCGOWAN et al. , 2016).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Assunto                       | Os dados constantes referem-se à área de: Engenharia Agrícola                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Localização da fonte de dados | levantamento dos estudos nas bases de dados dos repositórios se deram nas seguintes bases: IEEE, Scielo, Science Direct, Scopus e Web of Science.<br>Na busca dos estudos mais atuais nas bases de dados, estimou-se um intervalo de tempo referente aos trabalhos publicados no período de janeiro de 2016 a outubro de 2021, ajustado aos termos de busca: “(automação OR automatic OR mechanization OR robotization OR motorization OR automovimentada OU autoiniciada OU autorregulada) E evapotranspiração”.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Acessibilidade de dados       | Todos os dados brutos vinculados a tabelas, gráficos ou figuras são disponibilizados por meio do <u>Mendeley Data</u> (ELSEVIER INC., 2021).<br>Os dados secundários (dados que já foram coletados por meio de fontes primárias e prontamente disponíveis para os pesquisadores usarem em suas próprias pesquisas) estão devidamente listados e referenciados com os materiais gerados neste estudo, disponíveis publicamente, e podem ser acessados em: Nome do repositório: <u>Dados Mendeley</u><br>Identificação dos dados DOI: 10.17632/89wr243dbt.1<br>Leite, Alisson Rodolfo; Imada, Renata Nagima; Mantovani, João Paulo; MANTOVANI, Leandro Paloma; Neves, Fabiano Pinto; Siqueira, Jucilene De Medeiros; Santos, Paulo Sérgio Barbosa Dos; Silva, Celso da; Cremasco, Camila Pires; Gabriel Filho, Luís Roberto Almeida (2022), “Conjunto de dados de pesquisa de evapotranspiração automatizada usado em uma revisão sistemática e meta-análise.”, <u>Mendeley Data</u> , VI, doi: 10.17632/89wr243dbt.1 |

Fonte: produzido pelos autores usando Data Mendelay (ELSEVIER INC., 2021)

## VALOR DOS DADOS

Os dados deste estudo são relevantes dada a importância da determinação da evapotranspiração, sendo benéfico buscar sistematicamente na literatura sistemas e métodos capazes de estimar ou mesmo prever a evapotranspiração de culturas vegetativas, tanto no âmbito acadêmico quanto tecnológico, pois impacta diretamente na economia e questões sociais da população. Os dados podem fornecer informações que possibilitem a geração de novas soluções e desenvolvimento tecnológico para a produção de alimentos e o uso eficiente da água. Os dados presentes podem facilitar os processos de pesquisa, localização e validação de dados para os estudos de pesquisadores e outros estudiosos, que buscam soluções em tecnologia para os problemas e necessidades da humanidade.

## PROJETO EXPERIMENTAL

**Sistema de aquisição**, processamento e análise de dados com rede de sensores de baixo custo para o uso eficiente da água na agricultura. Processo CNPq: 434987/2018-2 - Edital Universal

## MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando a relevância do tema da determinação da evapotranspiração, é vantajoso buscar sistematicamente na literatura sistemas e métodos capazes de estimar ou mesmo prever a evapotranspiração de culturas vegetativas, tanto no âmbito acadêmico quanto tecnológico, pois impacta diretamente na economia e questões sociais da população. Portanto, torna-se muito útil realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o assunto, visando os resultados estipulados.

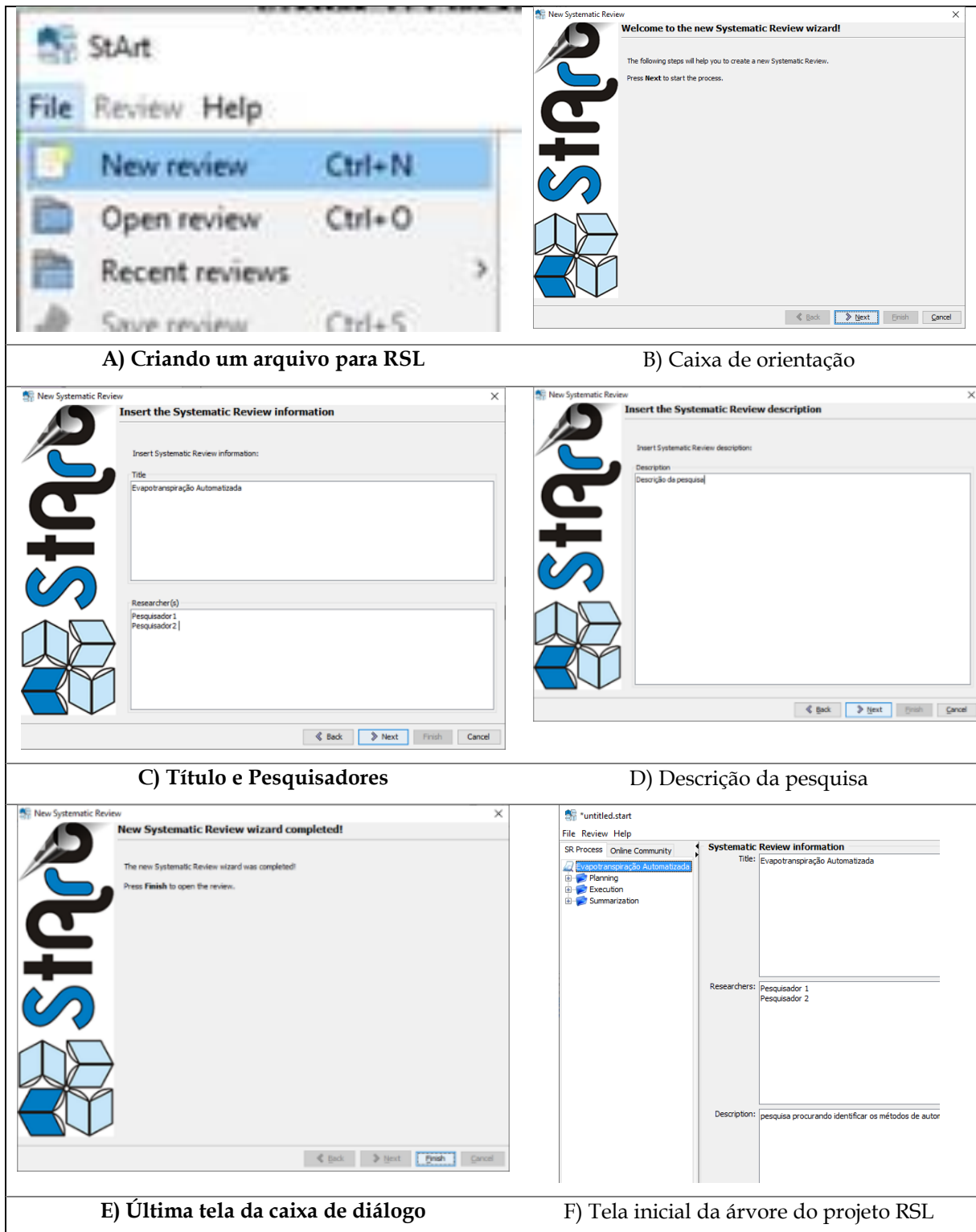
Deve-se notar que a revisão sistemática é uma categoria de pesquisa científica, caracterizada por estudos observacionais retrospectivos ou experimentais que, juntamente com uma análise crítica da literatura, reúnem e avaliam a metodologia de pesquisa e sintetizam os resultados de vários estudos primários, considerando responder uma questão central de métodos sistemáticos e explícitos para recuperar e classificar resultados sistematizando estudos primários

#### **SOFTWARE START - FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA SUPORTAR A REVISÃO SISTEMÁTICA**

O software utilizado foi o StArt, sigla de State of the Art through Systematic Review, versão 3.3 Beta 03, devolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e que pode ser adquirido no site do próprio laboratório (LAPES, 2020). A seguir, há uma sistematização para melhor organização e classificação dos artigos, permitindo que os pesquisadores delineiem sua base bibliográfica com maior precisão e, assim, tenham um melhor desempenho em suas buscas.

Na inicialização do software, um arquivo é criado para o desenvolvimento do RLS (Figura 1A). O software apresenta uma caixa com informações para iniciar o processo (Figura 1B) e então é possível preencher o título do RLS e os pesquisadores envolvidos (Figura 1C). Uma descrição dos fundamentos da pesquisa (Figura 1D) pode ser feita dentro das caixas de diálogo que são demonstradas ao usuário (Figura 1). Para passar de uma tela para outra, clique em Next para avançar ou Back para voltar e, ao final, clique em Finish (Figura 1E), abrindo assim a árvore do projeto RSL (Figura 1F).

**Figura 1. Criação do projeto RSL no software StArt**



Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt StArt (LAPES, 2020).

## PROTOCOLO DA REVISÃO

Com base na ferramenta descrita no tópico anterior, foi determinada uma sequência de palavras-chave e seus sinônimos em inglês com base nas questões centrais da pesquisa, bem como foi traçada uma string de busca para cada base de dados conforme Tabela 1, seguindo os manuais de pesquisa lógica de cada plataforma. Uma Search String pode ser definida como um conjunto de caracteres que unem termos de interesse e palavras-chave com operadores booleanos para serem utilizados em sistemas de busca em bases de dados, neste caso, uma base de dados de artigos científicos.

**Tabela 1. Parâmetros iniciais para RS**

| <i>Pergunta</i>          | <i>Que meios existem para determinar a evapotranspiração automatizada?</i>                                                                              |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Termos</i>            | <i>Sinônimos</i>                                                                                                                                        |
| <i>Evapotranspiração</i> |                                                                                                                                                         |
| <i>Automação</i>         | Automática, Mecanização, Robotização, Motorização, Automovimentação, Autoarranque, Autoregulação                                                        |
| <i>Base de dados</i>     | <i>Seqüência de pesquisa</i>                                                                                                                            |
| <i>IEEE</i>              | (automação OU automática OU mecanização OU robotização OU motorização OU movimento próprio OU partida automática OU autorregulação) E evapotranspiração |
| <i>Scielo</i>            | (automação OU automática OU mecanização OU robotização OU motorização OU movimento próprio OU partida automática OU autorregulação) E evapotranspiração |
| <i>Science Direct</i>    | (automação OU automática OU mecanização OU robotização OU motorização OU movimento próprio OU partida automática OU autorregulação) E evapotranspiração |
| <i>Scopus</i>            | (automação OU automática OU mecanização OU robotização OU motorização OU movimento próprio OU partida automática OU autorregulação) E evapotranspiração |
| <i>Web of Science</i>    | (automação OU automática OU mecanização OU robotização OU motorização OU movimento próprio OU partida automática OU autorregulação) E evapotranspiração |

Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

Definidos os termos, foram criados os critérios de inclusão e exclusão, que podem ser observados na Tabela 2 de critérios de inclusão e exclusão. Os critérios são parâmetros que ajudarão na seleção dos artigos para que sejam selecionados com maior rigor estratégico.

**Tabela 2. Critérios de inclusão ou exclusão.**

| Critério | Descrição dos critérios de inclusão        | Critério | Descrição dos critérios de exclusão       |
|----------|--------------------------------------------|----------|-------------------------------------------|
| CI1      | falar sobre irrigação                      | CE1      | Faça apenas análises históricas           |
| CI2      | Método para estimar a evapotranspiração    | CE2      | Método manual usando dados meteorológicos |
| CI3      | Contém sensores                            | CE3      | quartilhos inferiores                     |
| CI4      | Contém software                            | CE4      | Não indicado para irrigação               |
| CI5      | Modelagem para estimar a evapotranspiração |          |                                           |

Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LAPES, 2020; MUNZLINGER; NARCIZO; QUEIROZ, 2012)

De posse dos dados de entrada, estes foram inseridos no software na aba planejamento em protocolo. Para a pergunta principal, pode haver uma subpergunta (Figura 2A). Os artigos devem seguir um critério de seleção da fonte dos arquivos, portanto, estes foram o ano, originais em inglês e português, que devem estar detalhados no protocolo (Figura 2B). Para o banco de dados, selecione um na caixa de seleção e inclua-o (Figura 2B) usando o botão adicionar. Este processo deve ser realizado para as bases de dados nas quais os artigos da RSL serão pesquisados. Os critérios (Tabela 2) para incluir ou rejeitar um artigo são inseridos no mesmo campo com a diferenciação da caixa de seleção, com a opção de “Inclusão” ou “Exclusão” (Figura 2C). Assim, é possível incluir um fator de qualidade no protocolo (Figura 2D), que pode ser um grau ou uma qualidade mais abrangente. Também foram inseridos campos para os elementos de extração (Figura 2E). Os elementos de extração são componentes do artigo que nos interessam e que são relevantes para nossa pesquisa, podendo ser resumidos em sua maioria em três questões: “O que foi feito?”; “Como foi feito?” e “Quais os resultados obtidos?”. A este campo também foram adicionados os locais de estudo e alguns itens relacionados ao uso de sensores e observações para organizar os dados no relatório final.

**Figura 2. Campus do protocolo RSL**

A) Questão principal e palavras-chave

B) Fontes e adicionar banco de dados

C) Critérios

D) Qualidade

E) Campos de extração

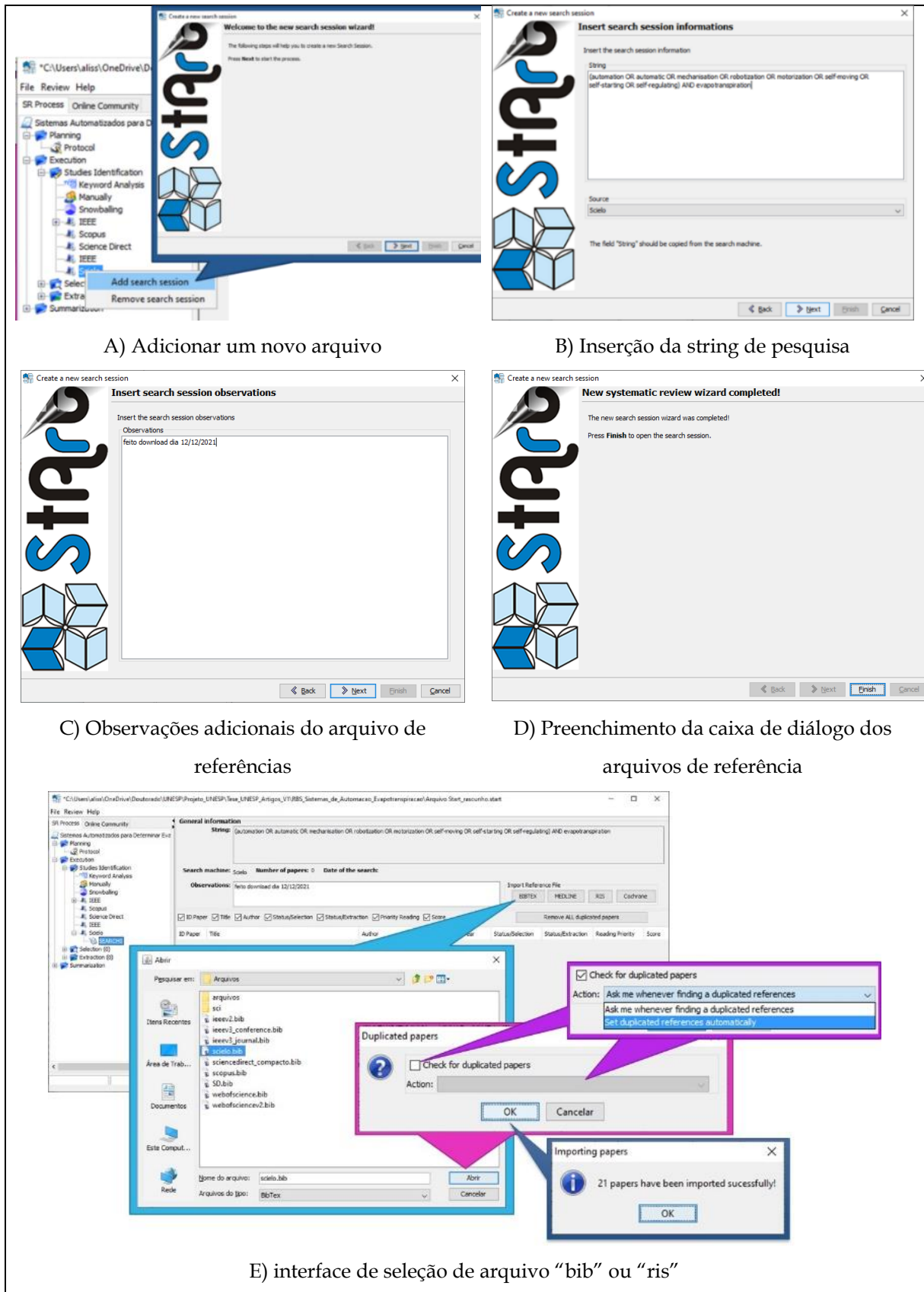
Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

## PROCESSAMENTO DE ARTIGOS

Com as strings de busca formadas, foi realizada uma busca nas bases de dados e baixados os arquivos com a extensão “.bib” ou “.ris”. A busca foi realizada utilizando a Rede

Privada Virtual (VPN) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, disponibilizando assim o acesso à rede eduroam, que, por meio de convênios, disponibiliza o acesso a periódicos, artigos, revistas e outros meios de divulgação científica bases exclusivamente para assinantes. Após todos os arquivos serem salvos em um computador local, esses arquivos são inseridos no software StArt, na seção “Identificação dos Estudos”. É relevante observar que, na Figura 3A, as bases de dados que aparecem são aquelas inseridas no protocolo inicial (Figura 2B). Para isso, basta clicar com o botão direito do mouse e selecionar a opção “Adicionar sessão de busca” (Figura 3A). Com isso, será demonstrada uma sequência de janelas, que devem ser preenchidas com a string de busca utilizada (Figura 3B) e observações pertinentes à busca (Figura 3C). Por fim, será exibida uma caixa de diálogo (Figura 3D) para abrir a janela de carregamento do arquivo (Figura 3E), selecionando o mesmo formato da extensão que foi salva. Em seguida, você pode escolher o arquivo, optando pela marcação automática de entradas duplicadas, e um pop-up de sucesso aparece para os arquivos enviados. Se houver duplicatas, elas podem ser removidas clicando no botão “Remover TODOS os papéis duplicados” (Figura 3E).

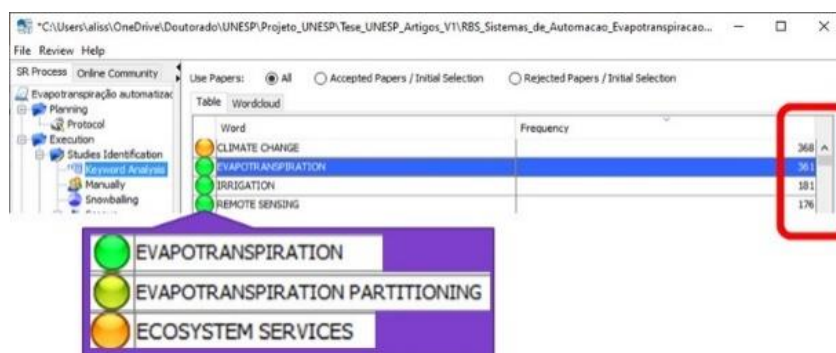
Figura 3. Inserção de arquivo contendo referências bibliográficas em StArt.



Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

Quando todos os arquivos de referência são inseridos no software, é possível observar em “Análise de palavras-chave” a frequência com que algumas palavras são apresentadas, conforme mostrado na coluna à direita da Figura 4. Assim, ao realizar uma reavaliação palavras-chave, inseridas no protocolo inicial, o software demonstra, por opção de cor, a semelhança com as palavras-chave existentes no protocolo, sendo verde para igual, amarelo para semelhante e laranja para diferente, conforme a Figura 4.

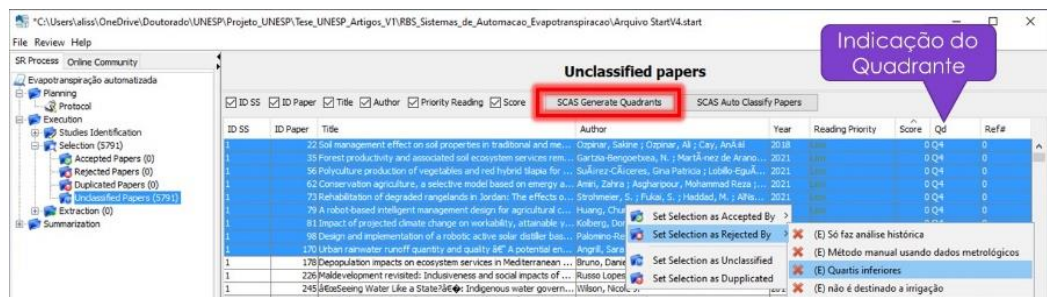
**Figura 4. Análise da frequência de palavras das referências bibliográficas.**



Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

É necessário enfatizar o terceiro critério de exclusão (Tabela 2 – CE3 – Quartis inferiores), que utiliza a ferramenta do software StArt, na seção “Execução > Seleção > Trabalhos Não Classificados > SCAS Gerar Quadrantes”, conforme Figura 5. e recorte artigos nos artigos que seguem as palavras-chave de entrada do protocolo, sua divisão é entendida como quartis de pontuação. Este procedimento deve ser realizado somente após a inserção de todos os arquivos de referências bibliográficas no software. Os quadrantes são divididos em segmentos, de forma que os quadrantes inferiores podem ser eliminados por apresentarem indícios de menor aderência às questões centrais da pesquisa.

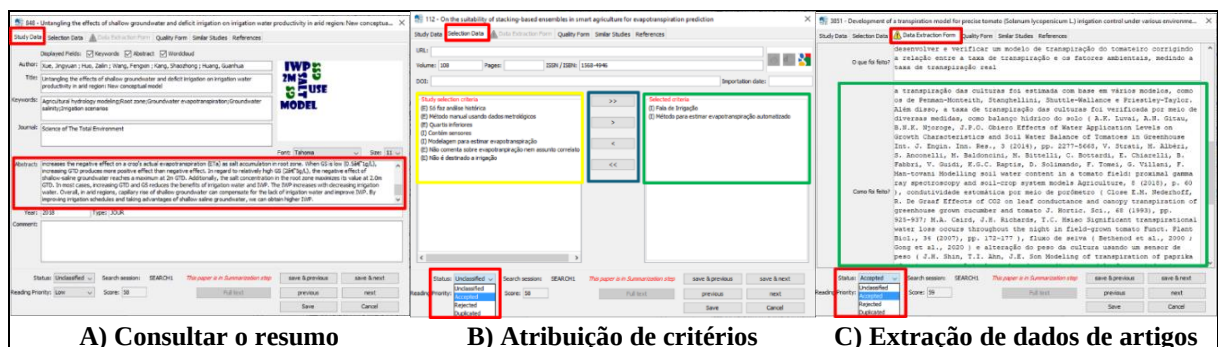
**Figura 5. Geração de quadrantes e exclusão dos inferiores.**



Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

Em seguida, uma pontuação decrescente de cada artigo é sequenciada para a etapa de leitura dinâmica entre o título e os resumos, investigando se eles atendem a algum critério de inclusão ou exclusão. Os resumos podem ser consultados com um duplo clique esquerdo sobre o artigo (Figura 6a), bem como suas classificações (Figura 6B), até serem levados à etapa de extração. Nessa etapa, foi realizada a leitura completa do artigo, preenchendo os campos de interesse para a construção da pesquisa e definindo se seria utilizado no relatório final (Figura 6C).

**Figura 6. Avaliação individual e extração de dados.**



**A) Consultar o resumo**

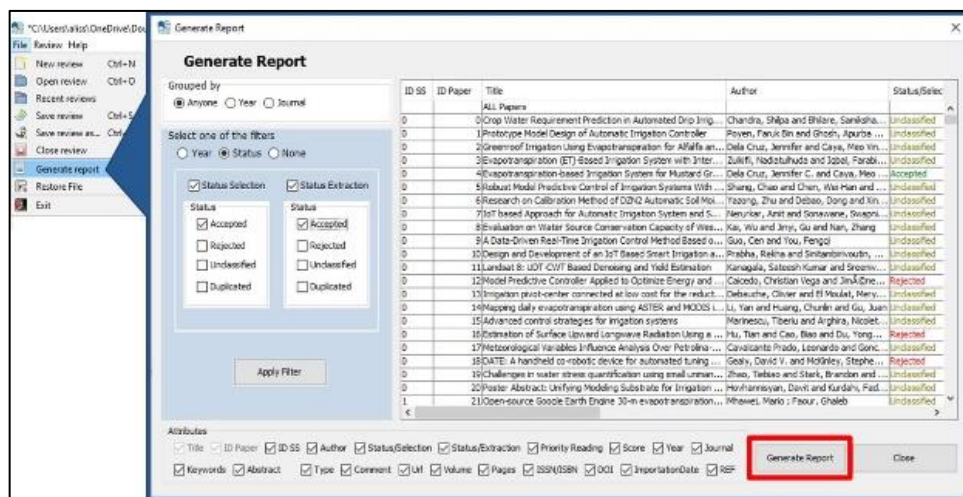
**B) Atribuição de critérios**

**C) Extração de dados de artigos**

Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

O software utilizado permite gerar um arquivo com a extensão “.xlsx” contendo todos os dados extraídos dos artigos. Para isso, vá, na opção do menu superior, em geração de relatório (“Gerar relatório”), escolha os filtros desejados (Figura 7) e em seguida escolha o local onde o arquivo será salvo. Existe também a opção de visualizar alguns dados no ramo “Summarization” na árvore do projeto RSL.

**Figura 7. Geração de relatório ".xlsx".**



Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

Apresenta o organograma do software, onde podemos observar os blocos das funções StArt, que podem ser seguidos em ordem sequencial ou, em termos de acompanhamento de protocolo, podem ser cuidadosamente ajustados durante o processo para obtenção de melhores resultados. Na Figura 8 detalhamos o número de artigos classificados em cada parte do processo RSL deste trabalho.

**Figura 8. Organograma do software StArt.**



Fonte: produzido pelos autores usando o software StArt (LANDO, 2020; LAPES, 2020)

## DECLARAÇÕES DE ÉTICA

*Os dados dos resumos obedecem aos códigos de ética e diretrizes de pesquisa do PROPE e da Universidade Estadual Paulista (UNESP).*

## DECLARAÇÃO DO AUTOR CREDIT

**Contribuições dos Autores:** Conceituação ARL, RNI, JPM, LPM, CPC e LRAGF; metodologia PSBdS e CdS; software ARL, RNI, CdS, PSBdS, CdS, CPC e LRAGF; validação

ARL, RNI, JPM e LRAGF; análise formal ARL, LPM, CPC e CdS; investigação ARL, LPM, CPC, PSBdS e LRAGF; recursos ARL, RNI e LRAGF; curadoria de dados ARL, CdS e LRAGF; redação—revisão e edição: todos os autores; supervisão e administração do projeto: ARL, CdS, CPC e LRAGF, Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

### **RECONHECIMENTO**

**Apoio:** Este trabalho contou com o apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa da Unesp - PROPe: Sistema de aquisição, processamento e análise de dados com rede de sensores de baixo custo para o uso eficiente da água na agricultura. Processo CNPq: 434987/2018-2 - Edital Universal; e Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo nº 315228/2020-2 (LRAGF)).

### **DECLARAÇÃO DE INTERESSES**

☐ Declarar não ter interesses financeiros ou relações que possam ser influenciadas pelo trabalho relatado pelos autores neste artigo.

### **REFERÊNCIAS**

1. Elsevier Inc. Mendeley Data [Software] 2021.
2. LaPES StArt (State of the Art through Systematic Review) [Software] 2020.
3. Lando, F. AND, OR, NOT - Operadores booleanos na busca de artigos Available online: <https://www.academicapesquisa.com.br/post/operadores-booleanos> (accessed on 24 August 2021).
4. Munzlinger, E.; Narcizo, F.B.; Queiroz, J. Sistematização de Revisões Bibliográficas Em Pesquisas Da Área de IHC. In Proceedings of the IHC; 2012.