

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE PARINTINS
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

EDNILSON DA SILVA ALBUQUERQUE

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA AUXILIAR A
GESTÃO EFICIENTE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR NO
MUNICÍPIO DE PARINTINS/AM**

Orientador: Prof. Dr. José Camilo Ramos de Souza

**PARINTINS, AM
2020**

EDNILSON DA SILVA ALBUQUERQUE

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA AUXILIAR A
GESTÃO EFICIENTE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR NO
MUNICÍPIO DE PARINTINS/AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-ProfÁgua na área de concentração em Regulação e Governança de Recursos Hídricos e linha de pesquisa em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, como requisito final para obtenção do título de mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Dr. José Camilo Ramos de Souza

**PARINTINS, AM
2020**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

A345d Albuquerque, Ednilson da Silva
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA
AUXILIAR A GESTÃO EFICIENTE DO USO DOS
RECURSOS HÍDRICOS EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
NA AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE
PARINTINS/AM / Ednilson da Silva Albuquerque.
Manaus: [s.n], 2020.
113 f.: color.; 1 cm.

Dissertação - PGSS - Gestão e Regulação de Recursos
Hídricos (Mestrado) - Universidade do Estado do
Amazonas, Manaus, 2020.
Inclui bibliografia
Orientador: Souza, José Camilo Ramos

1. Microcontrolador Arduino. 2. Tecnologia. 3.
Irrigação. 4. Agricultura Familiar. 5. Amazônia. I. Souza,
José Camilo Ramos (Orient.). II. Universidade do Estado
do Amazonas. III. DESENVOLVIMENTO DE
TECNOLOGIA PARA AUXILIAR A GESTÃO
EFICIENTE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA
FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE PARINTINS/AM

Elaborado por Jeane Macelino Galves - CRB-11/463

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Parintins-AM, 22 de dezembro de 2020

Aos vinte e dois dias do mês de dezembro do ano de 2020, às 09 horas, por vídeo chamada no Hangouts meet, reuniram-se os membros da banca examinadora composta pelos (as) professores (as): Dr.(a) José Camilo Ramos de Souza (presidente e orientador), Dr.(a) Rafael Jovito de Souza (UEA) e Dr.(a) Mircia Ribeiro Fortes (UFAM), a fim de arguirm o(a) mestrando(a) Ednilson da Silva Albuquerque acerca do projeto intitulado “DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA AUXILIAR A GESTÃO EFICIENTE DO USO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE PARINTINS”. Aberta a sessão pelo(a) presidente, coube ao aluno(a), na forma regimental, expor o tema de sua dissertação dentro do tempo regulamentar, sendo em seguida questionado pelos membros da banca examinadora, tendo dado as explicações necessárias. Após a arguição, os membros da banca consideraram o projeto de dissertação deliberado para:

- aprovação
- reprovação
- novo exame de dissertação

Recomendações da Banca:

O resultado da pesquisa apresentado na dissertação de mestrado tem consistência científica e apresentação grandes contribuições para a Gestão de Recursos Hídricos, no tocante a redução do desperdício na irrigação. O produto, como resultado tecnológico, é acessível a agricultura familiar e demais agricultores

Banca Examinadora:


Prof. Dr. José Camilo Ramos de Souza
(presidente e orientador)


Prof. Dr. Rafael Jovito de Souza
(UEA)


Profa. Dra. Mircia Ribeiro Fortes
(UFAM)

Aluno:


Ednilson da Silva Albuquerque

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela sabedoria e discernimento para que eu pudesse superar minhas limitações e pudesse galgar mais esse degrau na minha vida acadêmica e profissional.

Aos meus pais, Ozair e Benedita Albuquerque, esteios na construção do ser humano que eu sou.

Aos meus irmãos, Roberto, Maria Onete *in memoriam*, Dina Maria, Ozair Filho, Jonas, Adelson, Antonia Maria *in memoriam*, Ednelza, Messias, Cristiane, Marcos, Geordane e Haroldo, pela cumplicidade de sempre estarem do meu lado em todas as minhas lutas.

Aos meus filhos, Igor Augusto, Sabrina, Gabrielle, Júnior e Kamila Eloisa, dedico especialmente essa etapa da minha vida, para que possa servir de estímulo para vocês nunca desistirem de buscar mais conhecimentos.

A você, Júnior, faço uma referência especial, pois sem você não teria alcançado os objetivos que propomos, em dados momentos parecia que os papéis eram invertidos, pois você parecia meu pai, meu irmão e acima de tudo meu amigo verdadeiro. A caminhada com você do meu lado, foi mais leve e prazerosa, obrigado Meu Rei de Deus.

À Agência Nacional de Águas – ANA, à CAPES, e à Coordenação Nacional do Mestrado PROFÁGUA, pela oportunidade de podermos ter uma formação profissional tão importante para o país e cada região, muito obrigado.

À Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Parintins, pela possibilidade de estudarmos o mestrado no nosso município, isso sim é um avanço significativo na democratização do conhecimento.

Aos Professores Carlossandro Albuquerque, Coordenador Estadual do Mestrado PROFÁGUA e ao Professor José Camilo Ramos, Coordenador local do Mestrado, bem como a todo corpo docente e administrativo do Mestrado, nossos sinceros agradecimentos pela ousadia que vocês tiveram em nos dar essa oportunidade.

Ao Professor Dr. José Camilo Ramos de Souza, que, como orientador, me mostrou e indicou os caminhos e a importância da pesquisa, mas foi o seu lado humano, gentil e humilde que me cativou e me fez enxergar o grande homem que o senhor é. Muito obrigado, amado Mestre.

Aos mestrandos Andrei Tavares, Edelson Gonçalves, Igor Gabriel, Maria Neide Almeida e Monica Jacaúna, vamos firmes até o último homem...

Faço um agradecimento muito especial à mestranda Maria Neide Almeida, pela cumplicidade e companheirismo na caminhada do mestrado e que, com certeza, será de uma vida toda.

Ao casal José Augusto e Maria Irismar Leal, por terem aceitado a realização da pesquisa na sua propriedade e por compartilharem comigo suas experiências como produtores familiares.

Ao Waldecir Cardoso (Cica), ao Alex de Souza (Catuaba), ao Anderson, ao Lourivaldo e a todos que contribuíram para o sucesso da pesquisa, meu muito obrigado.

Aos amigos Rafael Almeida e Katrinne Tavares, obrigado pela ajuda na realização da pesquisa e pelas contribuições que foram importantes na construção do produto.

A todos, muito obrigado!!!

DEDICATÓRIA

Dedico à minha avó materna Maria Lourença da Silva, *in memoriam*, e aos meus pais, Ozair e Benedita da Silva Albuquerque, pois mesmo não tendo a oportunidade de estudar, investiram tudo o que puderam nos seus filhos, renunciaram aos seus sonhos e aos projetos de vida, para que pudéssemos ter a oportunidade de chegar aonde o nosso esforço e o comprometimento nos fizessem chegar, e eis que cheguei até aqui. Obrigado, pai e mãe, meus Mestres do amor e da humildade.

*“As barrancas de terras caída faz barrento o nosso rio mar
Amazonas rio da minha vida, imagem tão linda que meu Deus criou
Fez o céu a mata e a terra, uniu os caboclos e construiu o amor” [...].*

*Tic, tic tac. 1992. Braulino Lima
(Toada do Boi Bumbá Garantido)*

RESUMO

Os produtos oriundos da agricultura familiar do Município de Parintins/AM são a base da alimentação e geram grande parte de renda para as famílias locais. Apesar do município estar localizado na maior bacia de água doce do planeta, a Bacia Amazônica, há uma grande preocupação em torno dos recursos hídricos, em especial, no processo de irrigação pelo grande desperdício que ocorre durante essa atividade. O objetivo central dessa dissertação é desenvolver um sistema de irrigação, com base na tecnologia do microcontrolador Arduino, que possibilite a redução do desperdício dos recursos hídricos na irrigação da agricultura familiar no município de Parintins. O sistema de irrigação denominado Aninga corrobora para a gestão dos recursos hídricos ao permitir o uso do bem vital sem desperdícios. Também acarreta benefícios financeiros aos agricultores, por ser um sistema de tecnologia de baixo custo. A pesquisa foi fundamentada nos preceitos teóricos da Agência Nacional de Águas (2017, p. 11), que conceitua a irrigação como um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as plantas, seguido pela ênfase de Moutin et al. (2017, p.90), que fala sobre a grande abundância da água no Brasil, mas como isso não deve ser sinônimo de desperdícios. Além disso, Noda et al. (2001, p. 7) destaca que as atividades da Agricultura Familiar têm a participação das famílias, de agregados e outras relações, principalmente as de ajuda mútua. A natureza da pesquisa é aplicada apresentando a concepção de um sistema de irrigação (Aninga) com uso de tecnologia do microcontrolador Arduino Mega 2560 R3, com o propósito de gerar conhecimento para aplicação em práticas dirigidas à solução de problemas específicos e envolvimento das particularidades locais. A pesquisa teve como prática para obtenção dos resultados a utilização de irrigação inteligente no cultivo de hortaliça (Alface) em casa de vegetação e canteiros adaptados. A análise dos dados ocorreu por meio de tabulação eletrônica a partir de dados gerados pelo microcontrolador Arduino das variáveis, temperatura e umidade. O código embarcado no Arduino efetuou a leitura de dados descritos nos sensores e gerou automaticamente planilhas de formato *Excel* com a hora de coleta, nome do sensor e valor das variáveis. A apresentação dos resultados encontra-se no passo a passo de preparação do ambiente de cultivo, criação do Sistema de Irrigação Aninga, com os resultados nos formatos de quadros, gráficos e imagens com estatística descritiva dos dados de máxima, mínima, média, moda e mediana. O Sistema de irrigação Aninga demonstrou sua eficiência ao ser acionado durante o período da experiência, evidenciando que a variável umidade obteve a melhor resposta na funcionalidade.

Palavras-chave: Microcontrolador Arduino; Tecnologia; Irrigação; Amazônia.

ABSTRACT

Products from family farming in the municipality of Parintins/AM, are the basis of food and generate a large part of income for local families. Although the municipality is located in the largest freshwater basin on the planet, the Amazon Basin, there is great concern about water resources, especially in the irrigation process due to the great waste that occurs during this activity. The main objective of this dissertation is to develop an irrigation system, based on the technology of the Arduino microcontroller, which makes it possible to reduce the waste of water resources in the irrigation of family farming in the municipality of Parintins. The irrigation system called Aninga, supports the management of water resources by allowing the use of the vital asset without waste. It brings financial benefits to farmers, as it is a low-cost technology system. The research was based on the theoretical precepts of the National Water Agency (2017, p.11) conceptualizes irrigation as a set of equipment and techniques to supply the total or partial deficiency of water for plants. Followed by the emphasis of Moutin et. al. (2017, p.90) that talks about the great abundance of water in Brazil, but that this should not be synonymous with waste. And Noda et al, (2001, p. 7) highlights that Family Agriculture activities have the participation of families, households and other relationships, especially those of mutual help. The nature of the research is applied presents the conception of an irrigation system (Aninga) using technology from the Arduino Mega 2560 R3 microcontroller. In order to generate knowledge for application in practices aimed at solving specific problems and involving local particularities. The research had as practice to obtain the results the use of intelligent irrigation in the cultivation of vegetables (Lettuce) in greenhouse and adapted beds. Data analysis was performed using electronic tabulation based on data generated by the Arduino microcontroller of the variables, temperature and humidity. The code embedded in the Arduino read the data described in the sensors, automatically generated Excel spreadsheets with the time of collection, name of the sensor and value of the variables. The presentation of the results is in step by step of preparation of the cultivation environment, creation of the Aninga Irrigation System, with the results in the formats of tables, graphs and images with descriptive statistics of the data of maximum, minimum, average, fashion and median. The Aninga irrigation system demonstrated its efficiency when activated during the experiment period, showing that the humidity variable obtained the best response in functionality.

Keywords: Arduino microcontroller. Technology. Irrigation. Amazon.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados estatísticos amostragem de tipologia, sexo do produtor, classe de idade do produtor e existência de energia elétrica.	25
Quadro 2 – Dados estatísticos amostragem de irrigação localizada – gotejamento, irrigação localizada – microaspersão.	26
Quadro 3 – Dados estatísticos amostragem irrigação por aspersão – aspersão convencional e outros métodos de irrigação – subsuperficial do município de Parintins/AM.	27
Quadro 4 – Dados estatísticos amostragem irrigação por Superfície – Inundação e outros métodos de Irrigação – Molhação do município de Parintins/AM.	28
Quadro 5 – Levantamento das comunidades com sistemas de irrigação por gotejamento em ambiente protegido.	30
Quadro 6 – Especificações Técnicas do Microcontrolador Arduino Mega.	5959
Quadro 7 – Dados recorrentes hora, nome do sensor e valor umidade/temperatura.	82
Quadro 8 – Planilha <i>Excel</i> de coleta de dados – Manhã.	833
Quadro 9 – Planilha <i>Excel</i> de coleta de dados – Tarde.	833
Quadro 10 – Planilha <i>Excel</i> de coleta de dados – Noite.	843
Quadro 11 – Erros de leitura dos Sensores.	866
Quadro 12 – Estatística descritiva dos dados de umidade.	877
Quadro 13 – Estrutura para análise de dados.	899
Quadro 14 – Relação Hora x Umidade detalhada.	91
Quadro 15 – Temperatura influenciar na umidade do solo.	92
Quadro 16 – Consumo individual de Recursos Hídricos do sistema de irrigação por aspersão.	977
Quadro 17 – Consumo total dos Recursos Hídricos do sistema de irrigação por aspersão.	977
Quadro 18 – Consumo individual por metro linear de Recursos Hídricos do sistema de irrigação por gotejamento.	988
Quadro 19 – Consumo total dos Recursos Hídricos do sistema de irrigação por gotejamento Aninga.	999

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Distribuição das Tomadas de Alimentação Elétrica.....	577
Tabela 2 – Equipamentos de Levantamento e Controle de Dados.....	60
Tabela 3 – Quantidade Jumper (Fio) para Montagem dos Sensores.....	7070
Tabela 4 – Quantidade Jumper (Fio) para Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal Esquerda para Direita.....	733
Tabela 5 – Quantidade Jumper (Fio) para Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal Direita para Esquerda.....	755

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de Localização.....	377
Figura 2 – Casa de Vegetação para realização do plantio de hortaliças.....	4040
Figura 3 – Modelo de Casa de Vegetação Tipo Capela com Estrutura de Madeira-de-lei	41
Figura 4 – Materiais Utilizados na Construção da Estrutura da Casa de Vegetação.....	422
Figura 5 – Vista Lateral da Estrutura da Cobertura de Madeira Casa de Vegetação	433
Figura 6 – Cobertura da Casa de Vegetação.....	444
Figura 7 – Material Utilizado na Cobertura da Casa de Vegetação	444
Figura 8 – Cortinamento lateral da Casa de vegetação a base de tecido TNT	455
Figura 9 – Cortinamento frontal Casa de Vegetação a Base de Tela Sombrite.....	466
Figura 10 – Detalhe do Sistema da Cobertura da Casa de Vegetação.....	477
Figura 11 – Construção dos Canteiros na Área da Casa de Vegetação.....	488
Figura 12 – Desnível dos Canteiros na Área da Casa de Vegetação.....	499
Figura 13 – Uniformização e Padronização dos Canteiros na Área da Casa de Vegetação.....	50
Figura 14 – Utilização de Composto Orgânicos nos Canteiros da Casa de Vegetação.....	51
Figura 15 – Utilização do Anel de Borracha no Início da Linha Sistema de Irrigação.....	52
Figura 16 – Registro Inicial com Rosca no Início da Linha Sistema de Irrigação	533
Figura 17 – Montagem da Fita de Gotejamento nos Cinco Canteiros do Sistema de Irrigação	544
Figura 18 – Tampão final com rosca para fita de Gotejamento	544
Figura 19 – Final de Linha com a Utilização de Tampão com Rosca, preso com Arame Galvanizado.....	555
Figura 20 – Fio de 2,5 mm para Montagem da Rede Elétrica do Projeto de Irrigação	566
Figura 21 – Tomadas de um Plug para Embutir em Madeira - Rede Elétrica do Projeto de Irrigação.....	Erro! Indicador não definido. 7
Figura 22 – Microcontrolador Arduino Mega 2560 R3.	599
Figura 23 – Planilha Eletrônica.	622
Figura 24 – <i>Protoboard</i> de 400 Pontos para Aumentar a Distribuição das Saídas.	644
Figura 25 – Cabos <i>Jumpers</i> : Ligam um Componente a Outro.	655
Figura 26 – Sensor de Umidade do Solo.	666
Figura 27 – Sensor de temperatura.	666
Figura 28 – Válvula Solenoide de Entrada de Água - 180° 3/4" x 3/4" 127V.	677

Figura 29 – Módulo Relé1 Canal5v.	699
Figura 30 – Esquema de Distribuição dos Sensores de Umidade.	70
Figura 31 – Montagem Completa do Sensor de Umidade.....	71
Figura 32 – Sensores de Umidade instalados nos canteiros.	72
Figura 33 – Esquema da Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal Esquerda para Direita.	733
Figura 34 - Esquema da Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal direita para Esquerda.	744
Figura 35 – Sensores de Temperatura instalados nos canteiros.	755
Figura 36 – Instalação do Micricontrolador Arduino Mega 2560.....	766
Figura 37 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado para Inserir Códigos no Arduino e Outras Funções que tem na Barra de Ferramentas.	777
Figura 38 – Algoritmo embarcado no Micricontrolador Arduino.....	788
Figura 39 – Pseudo-Algoritmo.	799
Figura 40 – Válvula de Solenoide Conectada ao Relé de Estado Sólido - SSR.....	80
Figura 41 – Logo de apresentação do Sistema de Irrigação Aninga.	81
Figura 42 – Acionamento dos sistemas de irrigação no período diurno e noturno.	855
Figura 43 – Sensor Corroído.	866
Figura 44 – Fórmula do <i>Excel</i> para remoção de dados incompletos. Erro! Indicador não definido. 7	
Figura 45 – Descrição dos dados obtidos, hora de início e fim, duração, data com dia mês e ano, valor estatístico com máxima, mínima, moda, mediana e média hora e grupo.	888
Figura 46 – Estrutura para análise dos dados.	90
Figura 47 – Relação Hora x Temperatura. Erro! Indicador não definido. 3	
Figura 48 – Mapa da Temperatura.	944
Figura 49 – Vegetação no final da casa de vegetação.	955
Figura 50 – Incidência da chuva na casa de vegetação.	966
Figura 51 – Condições da casa de vegetação, com os canteiros encharcados e os espaços entre estes.	988
Figura 52 – Condições da casa de vegetação, após o acionamento do sistema de Irrigação Aninga. Erro! Indicador não definido. 9	
Figura 53 – Curto circuito que queimou o Micricontrolador Arduino.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINT	Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos
ANA	Agência Nacional de Águas.
3D	Formato Tridimensional.
A/D	Conversor Analógico-Digital.
AMP	Ampére.
AO	Saída Analógica.
CC	Capacidade de Campo.
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
DO	Unidade de Saída Digital.
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado.
IoT	Internet das Coisas.
MEPD	Polietileno de Baixa Densidade.
ONU	Organização das Nações Unidas.
PDMRS	Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável do Município de Parintins.
PEAD	Polietileno de Alta Densidade.
PMP	Ponto de Murcha da Planta.
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.
PTFE	Politetrafluoretileno.
PVC	Policloreto de Polivinila.
SSR	Relé Estado Sólido.
TNT	Tecido Não Tecido.
TS	Temperatura do Solo.
USB	Universal Serial Bus Porta Universal.
V	Volt.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1. RECURSOS HÍDRICOS E OS SISTEMAS DE TECNOLOGIAS DE IRRIGAÇÃO	17
1.1. Agricultura: Desperdício de Recursos Hídricos e Irrigação.....	17
1.2. Agricultura Familiar	21
1.3. As Tecnologias e a Irrigação	311
2. BASE DE CONCEPÇÃO	34
2.1. Pesquisa adotada	388
2.2. Casa de Vegetação e adaptação do canteiro	399
2.3. Arduino e a composição do sistema para operação	588
3. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ANINGA.....	81
3.1. Funcionalidade	811
3.2. Interpretação de dados	844
3.3. Resultados da análise dos dados	877
3.4. Discussão quanto à influência do vento, da vegetação e da chuva na umidade e na temperatura.....	944
3.5. Comparação de uso do recurso hídrico entre o sistema de irrigação por aspersão e o sistema de irrigação por gotejamento – Aninga, na casa de vegetação.....	966
DIÁLOGOS CONCLUSIVOS	102
Breve conclusão e recomendações	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	1044

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída por meio da Lei 9.433/1997, traz em seus fundamentos a água como um bem de domínio público, mas que é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A Política objetiva uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos.

Uma das atividades que mais utiliza e, conseqüentemente, desperdiça recursos hídricos é a irrigação sem técnicas adequadas. O processo de irrigação utilizando insumos técnicos para o produtor rural, em especial na agricultura familiar (AF), em comparação a sua rentabilidade, tem um custo muito elevado. Os agricultores familiares do Estado do Amazonas e do município de Parintins, em sua grande maioria, fazem uso do método de irrigação por molhação. É um método com um custo baixo, mas que não garante o uso racional dos recursos hídricos por ser uma técnica manual, sem rigor técnico, que faz uso apenas de mangueiras, regadores e baldes para irrigação das plantações.

Não diferente de outros municípios brasileiros, o município de Parintins, Amazonas, tem a agricultura familiar como parte da base econômica do município. A produção da agricultura brasileira é composta, em grande parcela, por produtos da agricultura familiar. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) evidencia a agricultura familiar como um importante segmento para o Brasil, uma vez que essa classe representa aproximadamente 4,4 milhões, o que equivale a 84% dos estabelecimentos rurais brasileiros. Constitui, então, a base econômica de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes. A agricultura familiar responde por 35% do produto interno bruto nacional e absorve 40% da população economicamente ativa do país.

As diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais são definidas pela Lei 11.326, de 24 de julho de 2006. A Lei considera o cidadão e cidadã da classe empreendedora da agricultura familiar, aqueles que praticam atividades no meio rural que detenham até 4 (quatro) módulos fiscais em área de terra de propriedade e que utilizam predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades.

A agricultura familiar no Estado e em Parintins necessita de incentivos para uma maior produção, uma vez que ela gera o sustento de muitas famílias amazônidas, mas se faz necessária a integração entre a economia e a sustentabilidade. O Estado do Amazonas, por possuir a maior bacia hidrográfica do planeta, apresenta uma cultura da abundância, especialmente no que diz respeito aos recursos hídricos, pois seus múltiplos usos não obedecem a um manejo de recursos hídricos, principalmente em projetos de irrigação. A ausência de tecnologia influencia no

desperdício dos recursos hídricos, no aumento do consumo de energia elétrica, gastos elevados com mão de obra e depreciação dos equipamentos de irrigação.

Partindo dessas inquietações, surge o questionamento: de que forma os agricultores familiares poderão reduzir o desperdício dos recursos hídricos e diminuir os custos da mão de obra e energia elétrica, tornando sua atividade produtiva mais competitiva, viável, lucrativa e sustentável?

A partir dessa reflexão, a presente dissertação tem como objetivo principal desenvolver um sistema de irrigação, com base na tecnologia do microcontrolador Arduino, que possibilite a redução do desperdício dos recursos hídricos na irrigação da agricultura familiar no município de Parintins. Para tanto, foi realizada uma breve explanação sobre desperdício de recursos hídricos e irrigação – histórico e relatos sobre a agricultura familiar e as tecnologias e a irrigação utilizadas na Amazônia e no Brasil –, seguido do desenvolvimento de um sistema de tecnologia de irrigação, com a implantação de sensores de umidade do solo e temperatura em ambiente protegido com irrigação por gotejamento, em uma propriedade de agricultores familiares. Por último, realizaram-se testes no Sistema de Irrigação Aninga para a constatação de sua funcionalidade como suporte na agricultura familiar do município de Parintins/AM.

A pesquisa é de natureza aplicada, no processo de construção do Sistema de Irrigação Aninga, com uso de tecnologia do microcontrolador Arduino Mega 2560 R3. O surgimento de novas pesquisas sobre como trabalhar uma agricultura coletiva com técnicas simples e saudáveis é condição necessária por beneficiar tanto a regulação e gestão dos recursos hídricos, quanto por reduzir o processo de degradação dos recursos naturais disponíveis ao homem.

Nossos objetivos são de cunho descritivo. A pesquisa teve como prática para obtenção dos resultados a utilização de irrigação inteligente no cultivo de Alface em casa de vegetação e canteiros adaptados. O projeto foi desenvolvido na Comunidade do Aninga, área rural do município de Parintins/AM, onde as famílias desenvolvem projetos de agricultura familiar, especialmente de horticultura em ambientes protegidos, como casas de vegetação.

A análise dos dados ocorreu por meio de tabulação eletrônica a partir de dados gerados pelo microcontrolador Arduino das variáveis, temperatura e umidade, coletadas nos horários da manhã, tarde e noite, em um período de dez dias. Para os resultados, os dados foram trabalhados no formato de planilhas no *Excel* da *Microsoft*, no intuito de gerar estatísticas e informações que estão apresentadas no resultado em formato de gráficos e quadros com estatística descritiva dos dados de máxima, mínima, média, moda e mediana.

Para a agricultura praticada atualmente, desde aquela de grande escala e que utiliza altas tecnologias, conhecida como agronegócio, até a de pequena escala – agricultura familiar, que

utiliza mão de obra familiar – a irrigação pode ser uma tecnologia imprescindível na incrementação da produtividade das culturas.

Contudo, o produtor deve buscar o conhecimento e fazer o planejamento necessário para realizar a implementação com todos os cuidados requeridos, a fim de causar o menor impacto possível ao ambiente e ser sustentável por um longo período de tempo.

É muito importante levar em consideração a eficiência no uso do recurso hídrico, com o intuito de evitar seu desperdício e sua má uniformidade de distribuição, a fim de garantir o perfeito funcionamento dos sistemas de irrigação implantados e o correto manejo da irrigação. Ainda hoje, é necessária uma evolução no manejo da irrigação, por meio da formação dos agricultores familiares e dos profissionais da pesquisa e extensão, como forma de aumentar a sustentabilidade dos sistemas de irrigação.

Os dados gerados a partir das aplicações do Sistema de Irrigação Aninga apresentam alternativas viáveis aos agricultores e agricultoras familiares de Parintins, do Amazonas e da Amazônia, por apresentarem-se como grandes aliados para a governança e gestão dos recursos hídricos utilizados na agricultura familiar, e por ter um baixo custo em sua implementação. Desse modo, os agricultores familiares poderão fazer uso do Sistema em suas propriedades.

1. RECURSOS HÍDRICOS E OS SISTEMAS DE TECNOLOGIAS DE IRRIGAÇÃO

É de suma importância trazeremos à baila discussões, projetos e pesquisas sobre os sistemas de irrigação. No conceito da Agência Nacional de Águas (ANA), a irrigação é vista como “à prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as plantas” (2017, p. 11). Em complemento a isso, Macedo (2015, p. 41) discorre que “essa atividade teve grande influência com a chegada dos portugueses no Brasil”. A autora afirma ainda que “é uma atividade que reúne técnicas aplicadas no solo para que o plantio seja viável”. Para Macedo, os inúmeros fatores relacionados com a produção agrícola, dentre eles o solo, o clima e a ação humana, determinam uma boa produção.

1.1. Agricultura: Desperdício de Recursos Hídricos e Irrigação

Estudos de Silva et. al (2019, p. 2) indicam que “no Brasil, de acordo com o Censo Agropecuário (IBGE, 2009), estima-se que 502.425 estabelecimentos fazem o uso de algum método de irrigação, o que representa uma área irrigada total de 6.903.048 ha. Verificando-se um acréscimo de 52% em relação a Censo agropecuário de 2006”.

Quando se diz respeito à irrigação e, conseqüentemente, ao uso dos recursos hídricos, vale salientar que o Brasil está “dividido” em 12 Regiões Hidrográficas para melhor gestão desse bem. Para a ANA (2018, p.7), “a lógica da hidrografia é diferente da organização político administrativa”. As águas no território brasileiro percorrem 12 regiões hidrográficas, definidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, na Resolução nº 32 de 2003, com o gerenciamento da dinâmica territorial sendo executada pela Agência Nacional de Águas e por órgãos gestores de recursos hídricos das Unidades da Federação.

Nas colocações de Souza (2014, p. 3-4) o Brasil tem um território com mais de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, possui mais de 55 mil quilômetros quadrados com volume de água, com um sistema hídrico de oito bacias hidrográficas e “seus rios mais importantes são o Amazonas (o maior rio do mundo); o Paraná e seu maior afluente, o Iguazu; o Negro; o São Francisco; o Xingu; o Madeira e o Tapajós. Das 12 Regiões Hidrográficas, a Amazônica é a que detém maior potencial hídrico em relação a toda água doce do país”. Para a ANA (2018, p. 7), a Bacia Amazônica possui “cerca de 80% da água superficial do país”, mas também “possui baixa densidade demográfica e pouca demanda por uso de água”.

É importante ressaltar que a disponibilidade hídrica oscila entre situações extremas, ocorrendo regiões de grande oferta hídrica e baixo consumo e situações precárias de disponibilidade hídrica, com alta demanda e baixa oferta hídrica. (ARI, 2014, p. 2).

Com as grandes riquezas naturais existentes no país, em especial em torno dos recursos hídricos, o pesquisador Moutin et. al. (2017, p. 90) complementa que o país é abundante em água, mas que isso não deve ser sinônimo de desperdícios: portanto, é dever do povo ter consciência no uso, procurando novas maneiras e técnicas, em especial na agricultura, em que a água é um dos elementos principais”.

Nas colocações do pesquisador Ferregueti (2018, p. 1) as informações geradas sobre o uso e desperdício dos recursos hídricos, principalmente sobre o uso da irrigação na produção agrícola, “tem sofrido sérias críticas ultimamente, sendo considerada uma das responsáveis pelo problema de escassez de água e de energia no país, imputando a esta como vilã do desperdício de água”.

Nos estudos de Almeida (2018, p. 8) o recurso hídrico no Brasil é abundante. Essa abundância trouxe, culturalmente, a falta de cuidados necessários para o não desperdício e o fator de “subestimar o possível esgotamento do recurso hídrico e pelo baixo custo do suprimento, desconsiderando ainda que o acesso à água é um dos direitos básicos humanos”. Para o mesmo pesquisador, vale lembrar que “atualmente, quase metade dos recursos mundiais destinados ao consumidor é perdida devido a vazamentos e deficiências de gestão, o que causa uma perda anual de US\$ 14 bilhões por ano”.

Nas considerações de Testezlaf (2017, p. 9), “mesmo não sendo tão evidente, a irrigação faz parte de nossa vida, mais do que podemos imaginar”. Para a ANA (2017, p. 9), “diversos fatores contribuem para a necessidade de irrigação”. Existem regiões no país afetadas pela falta do recurso hídrico, um exemplo disso é o Semiárido brasileiro, onde a irrigação é fundamental, onde só se viabiliza a agricultura diante de técnicas de irrigação.

Com a falta de cuidados necessários, o uso dos recursos hídricos passa a ser elevado. Em conformidade com isso, os autores Souza e Ghilardi (2017, p. 87) relatam que evoluir é necessário, mas “nem sempre está acompanhada de sustentabilidade, na maioria das vezes existe um ‘custo’ a pagar por isso e, como se demonstrou nos impactos citados anteriormente, tem custo muito alto para os recursos hídricos”. Nas colocações de Silva, Alves e Silva (2016, p. 30) são colocados como exemplos de uso dos recursos hídricos a geração de energia elétrica, navegação, irrigação, abastecimento industrial e doméstico. Mas destaca-se que “entre todos os usos da água, os que têm fins agrícolas são os que demandam os maiores volumes”.

Os seres humanos dependem de alimentos em suas mesas para sobrevivência. O recurso hídrico é um bem que determina a quantidade e boa qualidade dos alimentos que serão consumidos. Não se pode dissociar a pecuária e a agricultura como prioridades na alimentação. Em consonância a isso, Souza e Ghilardi (2017, p. 80) expõem que, quando se trata de falta dos recursos hídricos, destacam-se dois setores indispensáveis para o alimento mundial: “agricultura e pecuária, porém, são os que mais consomem e desperdiçam recursos hídricos, além das contaminações, visto que produz efeitos na qualidade e na quantidade da água disponível”.

Nos casos de agricultura e pecuária, através do uso de agrotóxicos nos cultivos agrícolas e a introdução de remédio nos animais, a contaminação da água se dá por meio da precipitação e escoamento da água até os rios e através da absorção do solo, chegando até o lençol freático. Nas reflexões de Souza e Ghilardi (2017, p. 82), para satisfazer o padrão de vida dos seres humanos, “o consumo mundial de água ultrapassa a simples economia doméstica, e se estende a larga produção na agricultura e pecuária, que influenciam os números pelo seu desperdício e impactos”.

Nesse aspecto do uso dos recursos hídricos na irrigação, Salassier et. al. (2019, p. 178), relata que “é necessário, portanto, reconhecer que a irrigação apresenta expressivo impacto em termos da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas”. Já a amplificação da prática da irrigação constitui-se numa opção estratégica para aumentar a oferta de alimentos para uma população mundial, que cresce numa taxa muito acentuada, com 7,3 bilhões de pessoas em 2015 e uma previsão de 9,7 bilhões em 2050, segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU).

Nas discussões de Santos e Zamperin (2017, p. 43) é relatado que “o investimento com a instalação do equipamento se torna justificável em comparação com a quantidade de água que é desperdiçada, tornando-se uma solução benéfica”.

Em detrimento a isso, o autor Testezlaf (2017, p. 9) indica que sistemas de irrigação possuem “[...] as técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a produção ideal para o seu usuário”. Complementa ainda que “esta definição engloba todas as formas de irrigar uma planta, desde aquela realizada com uma simples mangueira de jardim até o equipamento de irrigação mais sofisticado”.

A Agência Nacional de Águas (2017, p. 11) relata que “os métodos de irrigação podem ser agrupados de acordo com a forma de aplicação da água, destacando-se quatro métodos principais: irrigação por superfície, subterrânea, por aspersão e localizada”. A ANA (2017,

p.11) descreve assim a técnica de irrigação por superfície: “[...] a água é disposta na superfície do solo e seu nível é controlado para aproveitamento das plantas”. Em complemento a isso, Terto et. al. (2018, p. 2) diz que a irrigação por superfície é caracterizada pela aplicação de água diretamente sobre a superfície do solo da área a ser irrigada. O autor ainda afirma que “nesse método, a água é distribuída por gravidade mediante a declividade ocorrente na superfície do solo. O método consiste na aplicação da água por meio dos seguintes sistemas: sulcos, corrugações, faixas ou inundação”.

A irrigação superficial por sulcos,

[...] é uma tecnologia simples e barata, em que o canal e os sulcos são revestidos por uma cobertura plástica em sua extremidade inferior, fazendo com que a água somente seja infiltrada próximo das raízes da cultura. (NASCIMENTO, 2017, p. 6)

Nas investigações feitas por Souza (1984, p.1135), “a análise da hidráulica da irrigação por sulcos é mais complexa do que aquela da irrigação por inundação”. Nesse tipo de irrigação, o volume de água lançado é monitorado por pequenos canais (sulcos ou corrugações), cujo tamanho e forma são adequados em conformidade com o que está sendo cultivado. Souza ainda relata que “do mesmo modo que na irrigação por inundação, a irrigação por sulcos consiste basicamente de quatro fases: avanço, armazenamento, depleção e recessão”.

No segundo sistema¹ citado pela ANA, o pesquisador Testezlaf (2017, p. 117) descreve que no sistema de irrigação subterrâneo por gotejamento “a água é aplicada por emissores que estão enterrados e localizados diretamente ou abaixo da zona radicular”. Testezlaf também menciona que nesse sistema de irrigação, as aplicações de água são mais intensificadas que em outros tipos de irrigação existentes. Nesse caso, a intenção é fazer a reposição de toda água dispersa no processo da evapotranspiração.

Outro tipo de irrigação utilizado é por Aspersão. No conceito utilizado por Barros (2018, p. 20), esse processo “[...] se dá na forma pressurizada, a água corre na tubulação com pressão interna nos tubos superior a pressão atmosférica, há a necessidade de energia elétrica disponível para isso”. Durante esta condução da água na tubulação ocorrem perdas de pressão, que na hidráulica chamam-se perdas de carga. Barros (2018, p. 24) aborda que, no modelo convencional “o sistema de irrigação por aspersão convencional é composto por aspersor, linhas laterais, linhas de derivação, cavaletes, linha principal, cabeçal de controle e linha de sucção”. Outra forma de irrigação por aspersão é a Mecanizada (Pivô e Carretel).

Na Irrigação Localizada,

¹ Sistema de irrigação subterrânea

[...] a água é aplicada sobre o solo em uma área restrita, preferencialmente debaixo da área sombreada pela copa da cultura ou perto do caule, buscando umedecer somente o volume de solo explorado pelo sistema radicular da planta. (TESTEZLAF, 2017, p. 18)

A irrigação localizada é o tipo de irrigação que pode ser feita de duas maneiras de acordo com o mesmo autor: por Gotejamento e por Microaspersão.

O sistema localizado por gotejamento descrito por Testezlaf (2017, p. 88) “compreende os sistemas onde a aplicação da água e de produtos químicos é realizada na forma de gotas por uma fonte pontual, denominado gotejador”. Já na localizada por Microaspersão, é caracterizada pela aplicação da água e pelo uso de produtos químicos durante a irrigação, “explorado pelas raízes das plantas, de forma circular ou em faixa contínua, realizada por microaspersores, que são aspersores de pequenas dimensões.”

Para Fernandes (2019, p.11), “apesar das adversidades em que a técnica da irrigação vem enfrentando, nos últimos anos, com o aumento de incentivos econômicos para a produção de alimentos, prevê-se a expansão futura das áreas irrigadas do país”. Geisenhoff et. al. (2015, p. 864) dizem que “os sistemas de irrigação não apresentam os mesmos desempenhos operacionais, por isso, durante o ciclo de uma cultura, as lâminas de água aplicadas por diferentes sistemas, geralmente, são diferentes”. Já Ferregueti (2018, p.3) afirma que “quando comparamos o consumo de água nos diferentes sistemas de irrigação, observamos que o uso do gotejamento representa uma economia substancial deste recurso tão precioso”.

1.2. Agricultura Familiar

As atividades produzidas na agricultura familiar são praticadas com base no sistema agroflorestal de produção, com o plantio de culturas de curto ciclo, como as hortaliças; culturas anuais, como a mandioca, macaxeira e banana; e as espécies perenes, como manga, cupuaçu, açaí etc.

O sistema é caracterizado pelo manejo das terras numa integração, simultânea e sequencial, entre árvores e/ou animais e/ou cultivos agrícolas. Atividade gerenciada basicamente pelas famílias, com a participação eventual de agregados ou pelo estabelecimento de outras relações, principalmente as de ajuda mútua. (NODA ET AL, 2001, p. 7).

Os financiamentos disponibilizados para as atividades da agricultura familiar fortaleceram o crescimento acelerado dessa atividade. Para os autores Castro e Pereira (2017, p. 7) “a partir da década de 1960, esse sistema começou a sofrer rápida transformação, impulsionada por políticas públicas que gradativamente introduziram os preceitos da chamada ‘revolução verde’”. No país, a produção agrícola familiar é amparada pelo Programa Nacional

de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Nos relatos do pesquisador Macedo (2015, p. 41), o Pronaf tem como objetivo principal “o estímulo de geração de renda e o aumento do uso de mão de obra familiar nas plantações dos agricultores e produtores rurais”.

As políticas de concessões de crédito rural foram um grande avanço para a agricultura familiar. Capellesso, Cazella e Búrigo (2018, p. 440) comentam que “ao longo dos últimos 20 anos, o Pronaf tornou-se a política pública setorial de maior expressão junto aos agricultores familiares do País”. Nos relatos de Castro e Pereira (2017, p. 10), no ano de 1995, após muitos debates entre poder público e sociedade, foi implantado pelo Governo Federal um programa que atendia o segmento de produção agropecuária constituído pela agricultura familiar.

A situação em que se expressa à agricultura familiar na atualidade, no caso brasileiro, é resultado de um processo histórico iniciado a partir da colonização, sendo influenciada principalmente pelos acontecimentos políticos, econômicos e sociais dos últimos séculos e principalmente das últimas décadas. (SILVA E JESUS, 2015, p. 2)

Castro e Pereira (2017, p.10) também afirmam que esse segmento fora comparativamente negligenciado pelas diversas esferas governamentais ao longo do processo de modernização da agricultura brasileira, que ocorreu durante as décadas de 1950 a 1990. Fruto da pressão crescente desse segmento sobre o Governo Federal, foi criado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), no início do mandato do primeiro governo do presidente Fernando Henrique Cardoso.

No entanto, a agricultura familiar não tinha o seu devido reconhecimento, segundo Castro (2015, p.1), “no desenvolvimento econômico brasileiro, frequentemente, um produto agrícola ocupou papel vital na sustentação da economia nacional”. As atividades agrícolas, durante séculos, foram realizadas de forma rudimentar, com pequena inovação tecnológica. A atividade se sustentava primordialmente em um sistema de produção altamente intensivo em mão de obra de baixo custo.

Com a implantação de linhas de créditos destinados à agricultura familiar, começou uma transformação no meio rural.

A modernização da agricultura e seu papel como setor gerador de divisas via exportações e sua inserção no cenário econômico traz para o debate contemporâneo à perspectiva das pequenas unidades de produção neste contexto. (MENEGETTI E SOUZA, 2015, p. 37)

Corroborando nesse aspecto das transformações do cenário agrícola familiar, Delgado e Bergamasco (2017, p. 85) concluíram que “nos últimos anos, o Brasil conheceu avanços

significativos no que concerne a uma melhor definição e compreensão das características e do significado do grupo social denominado agricultura familiar”.

A análise sociológica do novo cenário da agricultura familiar, traz reflexões:

Do ponto de vista sociológico, os agricultores familiares se caracterizam por uma forma social específica de trabalho e produção que se situa em um espaço geográfico definido e que consiste na interação de um grupo familiar, ligado por laços de parentesco, com a terra e os outros meios de produção, do mesmo modo que com outras unidades familiares e grupos sociais. (SCHNEIDER, 2016, p. 95)

O cenário no meio rural brasileiro, começa a experimentar as mudanças e inovações. Como afirma Batista (2016, p. 20), “tanto a agricultura de grande porte como a agricultura familiar necessitam de inovações que impactam diretamente no contexto de produção agrícola”. As ferramentas tecnológicas de mecanização utilizadas em grandes propriedades geralmente são providas da indústria de mecanização, que aplica altos investimentos no setor, o que agrega a esses dispositivos um elevado valor de comercialização, excluindo, assim, o pequeno produtor.

Na abordagem de Castro (2015, p. 52), “a agricultura familiar no Brasil, historicamente, tem papel relevante na produção de produtos agrícolas da alimentação básica da população brasileira, como o arroz e feijão”. Ainda nesse aspecto,

No campo legal, a agricultura familiar foi reconhecida oficialmente pela Lei 11.326, de 24 de julho de 2006, sendo definida como aquela praticada em estabelecimento dirigido pela família, que tenha renda predominantemente oriunda deste, cuja área não exceda quatro módulos fiscais, utilizando mão de obra predominantemente familiar. (ANDRADE, 2019, p. 10)

Nos estudos de Bruno (2016, p. 150), “o pequeno agricultor familiar voltado para a subsistência desaparece da classificação elaborada pelas elites agroindustriais como se ele não fizesse parte da realidade do campo brasileiro”. O agricultor de subsistência vai juntar-se ao trabalhador rural, que em nenhum momento fez parte da classificação sobre a estrutura social no campo.

Para Meneghetti e Souza (2015, p. 36), “as tecnologias para a agricultura familiar não necessariamente vêm dos centros de pesquisa, da academia ou outro local externo; podem ser geradas na propriedade”. Os autores salientam que a tecnologia produzida, quando desenvolvida em parceria com o agricultor e validada por ele, é adotada e produz inovação.

Na inserção da agricultura familiar quanto à tecnificação, Torres (2019, p. 19) afirma que “hoje enxergamos que a Revolução Verde foi um divisor excludente, seletiva de mão de obra, pois tornou prejudicial para agricultores familiares, pois os insumos com preços elevados, dependendo das indústrias multinacionais foi uma catástrofe para a agricultura familiar, porque

muitos não detinham condições financeiras para arcar com esses custos”. Existe, então, essa leva de abandono do campo interferindo diretamente na agricultura familiar.

Consolidando a discussão, segundo Torres (2019, p. 20), “pensando na conjuntura familiar, a FAO em 1994 definiu que a agricultura familiar é uma gestora de unidade produtiva que mantém os laços afetivos e de consanguinidade”. Sabendo que todas as atividades são realizadas pela família, que geralmente trabalha na terra de outras pessoas, a FAO divide a agricultura familiar em três categorias centrais, básicas, estratificadas, com base na renda.

Nos relatos sobre a importância da agricultura familiar no cenário econômico,

O segmento da agricultura familiar detém em torno de 20% das terras e responde por aproximadamente 38% da produção nacional, fornecendo alguns produtos básicos da dieta do brasileiro, como feijão, arroz, milho, hortaliças, mandioca e pequenos animais. Para alguns destes produtos, o setor chega a ser responsável por 60% da produção. (CASTRO E PEREIRA, 2017, p. 7)

Muitos estudos foram feitos para avaliar a resiliência da agricultura familiar:

Analisando a capacidade de resistência da agricultura familiar, da sua resiliência, reassumindo papéis importantes e ensejando a construção de novos modelos de desenvolvimento rural, não se pode deixar de considerar que a sua estratégia de sobrevivência incorpora certos arranjos institucionais extremamente criativos, que levam a obter ganhos de escala, mas também é possível verificar certas fragilidades ante determinados eventos, sejam ambientais, sejam legais ou mesmo políticos. (ANDRADE, 2019, p. 9)

Na contextualização da agricultura familiar no Estado do Amazonas e Município de Parintins,

O estado do Amazonas e o Município de Parintins configuram-se como espaços com grande extensão territorial e baixa densidade demográfica aliada ao baixo uso de recurso tecnológico empregado na produção agrícola familiar, realidade evidenciada através dos moldes de produção e participação nos índices de produção. (ALBUQUERQUE, 2016, p. 24)

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentou, no ano de 2017, o Censo Agropecuário com o número de estabelecimentos agropecuários do município de Parintins que fazem uso de irrigação e da área irrigada em seus estabelecimentos agropecuários. O **Quadro 1** apresenta os dados disponibilizados pelo Instituto referentes à pesquisa. A amostragem foi dividida em tipologia, sexo do produtor, classe de idade do produtor e existência de energia elétrica.

Quadro 1 – Dados estatísticos amostragem de tipologia, sexo do produtor, classe de idade do produtor e existência de energia elétrica.

CLASSE DE IDADE DO PRODUTOR (A)	EXISTÊNCIA DE ENERGIA ELÉTRICA	TOTAL			
		Total	Homens	Mulheres	Não se aplica
Total	Total	507	394	112	1
	Tinham	326	251	74	1
	Não tinham	181	143	38	
Menor de 25 anos	Total	19	13	6	
	Tinham	10	7	3	
	Não tinham	9	6	3	
De 25 a menos de 35 anos	Total	77	53	24	
	Tinham	46	29	17	
	Não tinham	31	24	7	
De 35 a menos de 45 anos	Total	129	106	23	
	Tinham	94	77	17	
	Não tinham	35	29	6	
De 45 a menos de 55 anos	Total	116	91	25	
	Tinham	71	56	15	
	Não tinham	45	35	10	
De 55 a menos de 65 anos	Total	89	70	19	
	Tinham	51	40	11	
	Não tinham	38	30	8	
De 65 a menos de 75 anos	Total	47	39	8	
	Tinham	33	28	5	
	Não tinham	14	11	3	
De 75 anos e mais	Total	29	22	7	
	Tinham	20	14	6	
	Não tinham	9	8	1	
Não se aplica	Total	1			1
	Tinham	1			1
	Não tinham				

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário (2017). Organizado por Albuquerque, E.S. (2020).

Os resultados apontam que um total de 507 agricultores familiares do município de Parintins participaram da pesquisa. Desse total, 394 foram homens e 112 mulheres, com idades que entre 25 até 75 anos ou mais. A pesquisa apontou que 326 agricultores e agricultoras fazem a utilização de energia elétrica em suas propriedades rurais. Com os dados do resultado

comparado ao número de participantes da pesquisa, essa realidade ainda precisa ser melhorada, haja vista que os números ainda se mostram muito pequenos.

Outro ponto questionado pelo IBGE durante o Censo Agropecuário de 2017, foi o uso de irrigação pelos agricultores familiares do Município de Parintins. Dentre as técnicas de irrigação identificadas na pesquisa estão as de irrigação localizada – gotejamento, irrigação localizada – microaspersão. O **Quadro 2** apresenta os resultados da pesquisa.

Quadro 2 – Dados estatísticos amostragem de irrigação localizada – gotejamento, irrigação localizada – microaspersão.

Classe de idade do produtor	Existência de energia elétrica	IRRIGAÇÃO LOCALIZADA - GOTEJAMENTO				IRRIGAÇÃO LOCALIZADA - MICROASPERSÃO			
		Total	Homens	Mulheres	Não se aplica	Total	Homens	Mulheres	Não se aplica
Total	Total	7	6	1		4	2	1	1
	Tinham	7	6	1		4	2	1	1
	Não tinham								
Menor de 25 anos	Total								
	Tinham								
	Não tinham								
De 25 a menos de 35 anos	Total	2	2			1	1		
	Tinham	2	2			1	1		
	Não tinham	-	-						
De 35 a menos de 45 anos	Total	1	1						
	Tinham	1	1						
	Não tinham	-	-						
De 45 a menos de 55 anos	Total	1	1			2	1	1	
	Tinham	1	1			2	1	1	
	Não tinham	-	-						
De 55 a menos de 65 anos	Total	2	1	1					
	Tinham	2	1	1					
	Não tinham	-	-						
De 65 a menos de 75 anos	Total	1	1						
	Tinham	1	1						
	Não tinham								
De 75 anos e mais	Total								
	Tinham								
	Não tinham								
Não se aplica	Total					1			1
	Tinham					1			1

Não
tinham

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário (2017). Organizado por Albuquerque, E.S. (2020).

Os resultados apresentados no **Quadro 2** apontam que somente 07 agricultores familiares do município de Parintins fazem uso da técnica Irrigação Localizada por Gotejamento, dentre eles 06 agricultores e 01 agricultora.

Outra técnica de irrigação identificada na pesquisa foi a de Irrigação Localizada – Microaspersão. O número de agricultores familiares fazendo uso dessa técnica foi somente de 04 agricultores. Vale ressaltar que os dados estatísticos estão voltados para o número total inicial da pesquisa: 507 Agricultores (as).

O **Quadro 3** apresenta dados do Censo 2017 da utilização dos agricultores familiares com técnicas de Irrigação por Aspersão - Aspersão Convencional e outros Métodos de Irrigação – Subsuperficial. Os dados de classe de idade do produtor, existência ou não de energia elétrica na propriedade rural e sexo dos agricultores ficam mantidos nos resultados.

Quadro 3 – Dados estatísticos amostragem irrigação por aspersão – aspersão convencional e outros métodos de irrigação – subsuperficial do município de Parintins/AM.

Classe de Idade do Produtor	Existência de Energia Elétrica	IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO - ASPERSÃO CONVENCIONAL				OUTROS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO - SUBSUPERFICIAL			
		Total	Homens	Mulheres	Não se aplica	Total	Homens	Mulheres	Não se aplica
Total	Total	2	1	1		7	7		
	Tinham	2	1	1		7	7		
	Não tinham								
Menor de 25 anos	Total								
	Tinham								
	Não tinham								
De 25 a menos de 35 anos	Total					1	1		
	Tinham					1	1		
	Não tinham								
De 35 a menos de 45 anos	Total	2	1	1					
	Tinham	2	1	1					
	Não tinham								
De 45 a menos de 55 anos	Total					5	5		
	Tinham					5	5		
	Não tinham								
Total									

De 55 a menos de 65 anos	Tinham Não tinham			
De 65 a menos de 75 anos	Total Tinham Não tinham			
De 75 anos e mais	Total Tinham Não tinham	1	1	
Não se aplica	Total Tinham Não tinham			

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário (2017). Organizado por Albuquerque, E.S. (2020).

Os dados estatísticos de amostragem do IBGE apresentados no **Quadro 3** que se referem ao uso da técnica de Irrigação por Aspersão - aspersão convencional, apontam que somente 02 agricultores (um homem e uma mulher) fazem uso dessa técnica no cultivo da agricultura familiar no município. Os dados mostram que 07 agricultores utilizam os métodos de Irrigação - Subsuperficial. Por mais que esse tipo de uso seja maior que o uso do método Irrigação por Aspersão – aspersão convencional, os dados ainda são pouco significativos.

O **Quadro 4** apresenta dados das técnicas Irrigação por Superfície –Inundação e outros métodos de Irrigação – Molhação. Não diferente dos demais resultados, são apresentados dados de agricultores com idade entre 25 e 75 ou mais, homens e mulheres.

Quadro 4 – Dados estatísticos amostragem irrigação por Superfície – Inundação e outros métodos de Irrigação – Molhação do município de Parintins/AM.

Classe de idade do produtor	Existência de energia elétrica	IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE - INUNDAÇÃO				OUTROS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO - MOLHAÇÃO			
		Total	Homens	Mulheres	Não se aplica	Total	Homens	Mulheres	Não se aplica
Total	Total	7	6	1		485	377	108	
	Tinham	7	6	1		304	234	70	
	Não tinham					181	143	38	
Menor de 25 anos	Total					19	13	6	
	Tinham					10	7	3	
	Não tinham					9	6	3	
	Total	2	1	1		73	50	23	
	Tinham	2	1	1		42	26	16	

De 25 a menos de 35 anos	Não tinham	-		31	24	7
De 35 a menos de 45 anos	Total	1	1	125	103	22
	Tinham	1	1	90	74	16
	Não tinham	-	-	35	29	6
De 45 a menos de 55 anos	Total	2	2	108	84	24
	Tinham	2	2	63	49	14
	Não tinham	-	-	45	35	10
De 55 a menos de 65 anos	Total	1	1	87	69	18
	Tinham	1	1	49	39	10
	Não tinham	-	-	38	30	8
De 65 a menos de 75 anos	Total	1	1	45	37	8
	Tinham	1	1	31	26	5
	Não tinham	-	-	14	11	3
De 75 anos e mais	Total			28	21	7
	Tinham			19	13	6
	Não tinham			9	8	1
Não se aplica	Total					
	Tinham					
	Não tinham					

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário (2017). Organizado por Albuquerque, E.S. (2020).

Corroborando com o que foi descrito, quanto a dificuldade de acesso para o uso de tecnologias pelos agricultores familiares de Parintins, a pesquisa aponta que o maior uso de métodos de irrigação é a molhação.

A pesquisa também fez o levantamento sobre a utilização das técnicas de Irrigação Localizada – Outros Métodos, Irrigação por Superfície – Sulcos, Irrigação por Superfície – Outros Métodos, Irrigação por Aspersão – Autopropelido/Carretel Enrolador e Irrigação por Aspersão – Pivô Central na agricultura familiar do município de Parintins. Os resultados apontam que essas técnicas não são utilizadas no município.

Como parte da pesquisa do projeto, realizamos um levantamento das localidades onde estavam sendo desenvolvidas atividades de irrigação em ambiente protegido. O levantamento que realizamos foi tão somente para essa modalidade de irrigação e que fosse efetivamente em casa de vegetação. No **Quadro 5** apresentamos os resultados.

Quadro 5 – Levantamento das comunidades com sistemas de irrigação por gotejamento em ambiente protegido.

Comunidade	Localidade	Quantidade	Energia	Captação da água
Nova Olinda	Projeto de Assentamento de Vila Amazônia	1	Concessionária	Poço tubular
Santo Antonio do Murituba	Projeto de Assentamento de Vila Amazônia	1	Concessionária	Poço tubular
Boa Esperança do Zé Açú	Projeto de Assentamento de Vila Amazônia	2	Concessionária	Poço tubular e igarapé
Lago do Máximo	Projeto de Assentamento de Vila Amazônia	1	Concessionária	Poço tubular
Santa Terezinha	Aninga	5	Concessionária	Rede pública e poço tubular
São Pedro	Parananema	2	Concessionária	Rede pública
Santa Luzia	Macurani	1	Concessionária	Poço tubular
Total		13		

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Desse levantamento, a comunidade mais distante é Santo Antonio do Murituba – P. A. Vila Amazônia, localizada no km 47 da Estrada da Vila Amazônia/Murituba, com destaque para produção de alface e hortaliça. A que teve o acesso mais difícil foi a Comunidade Boa Esperança, localizada no k 05 do Ramal dos Nunes, sendo que o sistema utiliza o recurso hídrico captado do igarapé que passa na propriedade.

A localidade com mais sistemas de irrigação por gotejamento é Santa Terezinha do Aninga, localizada na área suburbana do município de Parintins, sendo grande produtora de alface, couve e cheiro verde (cebolinha+coentro).

Outro fator bastante relevante foi quanto ao consumo do recurso hídrico, numa das propriedades localizadas na Comunidade do Aninga, onde obtivemos a informação que diariamente eram consumidos 2.000 (dois mil) litros de água por dia, para irrigar 5 canteiros de 7x25 m. Um consumo muito elevado, levando em consideração o fato do sistema ser por gotejamento, sem a devida gestão do recurso hídrico, mesmo nesse sistema, ocorre um desperdício, assim como o consumo de energia é elevado e também há alto índice do uso da mão de obra e desgaste dos equipamentos.

Nas análises contidas no Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável do município de Parintins (PDMRS, 2005 - 2012),

Apresenta oportunidades de incentivo à agricultura familiar no Estado do Amazonas e no município de Parintins onde a economia do município apresenta-se acalanhadas principalmente no setor agropastoril, descreve ainda que a produção da agricultura familiar constitui-se no cultivo de plantas alimentares e o desenvolvimento da fruticultura, importantes tanto para a economia do Estado como para garantir o suprimento básico para a população local e a produção de hortaliças em comunidades de várzea ocorre em canteiros suspensos de tamanho variado onde são plantadas hortaliças folhosas e condimentares (alface, couve, cebolinha e coentro), atividade realizada exclusivamente pelos agricultores familiares. (COUTO, 2007, p. 22).

A produção da agricultura familiar do município de Parintins abastece as feiras locais e é fonte de renda para os produtores locais.

1.3. As Tecnologias e a Irrigação

A utilização de hidrômetros do tipo mecânico para fazer micromedição será peça fundamental para a segmentação do consumo do recurso hídrico. Suas características operacionais são específicas para cada tipo e calibre e representam o seu comportamento hidráulico (queda de pressão em função do fluxo) e a sua capacidade de medição para os projetos agrícolas.

Dentre as principais características estão a capacidade de integração das funções de medição, agregação e armazenamento de dados em tamanho reduzido, facilidade para ser manuseado e robustez perante diferentes condições de exposição.

A utilização de irrigação por gotejamento se diferencia das outras por utilizar tubos no solo ou no subsolo, onde a água é liberada sob condições de fluxo de baixa pressão. A pressão deve ser suficiente para evitar o entupimento e a contaminação do tubo, ao mesmo tempo em que deve ser capaz de alimentar a cultura com a quantidade correta de água ao longo do tempo.

A eficiência do sistema deve-se ao fato da água ser fornecida diretamente nas raízes, o que aumenta o acesso no local onde a planta precisa, e ao sistema ser de alimentação lenta, o que permite que a água se infiltre lentamente no solo, evitando que se forme um elevado fluxo de água superficial, também prevenindo a evaporação. Benefícios adicionais são a potencial redução no consumo de energia e o aumento da produtividade da cultura.

Encontrar caminhos para a produção de alimentos e, ao mesmo tempo, fomentar o uso racional do recurso hídrico é, sem dúvida, um dos grandes desafios a serem vencidos na atualidade.

Apresentar alternativas que reduzam o uso do recurso hídrico na agricultura e que, simultaneamente, garantam a qualidade da produção tem sido foco das discussões de cientistas de diversos elos da cadeia produtiva, a fim de se consolidar práticas agrícolas mais eficientes.

O uso de tecnologias no campo da produção é abordado por Furquim e Abdala (2017, p. 2) quando esses afirmam que “as inovações tecnológicas, institucionais e infraestruturais têm-se apresentado como agentes de transformação do setor produtivo, elevando a competitividade das organizações e as vantagens comparativas das regiões nas quais o processo se consolida”.

Dentro dessas discussões sobre a importância da tecnologia, para Silva, Silvestre e Gonçalves (2017, p. 641) “o papel da tecnologia como ferramenta de desenvolvimento

econômico para as nações, de forma a proporcionar formação de emprego e renda por meio de empregos com mão de obra qualificada mostra-se bastante relevante”.

O desenvolvimento das tecnologias foi voltado para a irrigação,

A água é um recurso finito, que não se distribui de forma igualitária para todas as regiões, sua disponibilidade depende de fatores como: localização geográfica, clima, relevo, dentre outras, com isso se faz necessário à adoção de técnicas que atuem no sentido de minimizar as disparidades e tornar o uso deste recurso mais eficiente, seja para consumo imediato, ou para setores como a indústria e a agricultura. (ALVES et. al., 2017, p. 227)

A crescente demanda por alimentos tem, nas tecnologias, importante ferramenta. Para Rossi (2017, p. 1), “a importância atribuída à tecnologia para o crescimento econômico diverge entre as diferentes vertentes do pensamento econômico”. Nesse aspecto, May (1988, p. 176) articula que “em meados da década de 1970, com o surgimento do paradigma de tecnologia privada, várias organizações se especializaram em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias agrícolas e de manejo de recursos hídricos, adequados aos pequenos”.

Corroborando, Testezlaf (2017, p. 10) afirma que “a irrigação é uma tecnologia imprescindível no processo de aumento da produção de bens agrícolas, sendo a sua adoção dependente da disponibilidade hídrica de cada região”. Em regiões desérticas e áridas, onde a precipitação anual é inferior a 250 mm, ou seja, muito baixa ou nenhuma, a irrigação é obrigatória, pois nenhum tipo de cultura pode se desenvolver sem receber água.

Para Siqueira et. al. (2018, p. 3), “desenvolvimento de soluções tecnológicas de fácil aplicação e baixo custo apresentam-se como alternativa para impulsionar o desenvolvimento sustentável de sistemas produtivos de base familiar”.

Quanto à dinâmica da inovação tecnológica, especialmente na irrigação, Fernandes (2019, p. 10) concluiu: “com o uso das novas tecnologias empregadas a prática da irrigação a agricultura mundial mudou drasticamente e muitos dos produtores que ficavam meses à espera de chuvas, viram uma oportunidade de produzir mais”.

A expansão da agricultura irrigada representa avanços significativos no campo da produção, como reiteram Moutin et. al. (2017, p. 91): “os recursos hídricos têm fundamental importância em diversas atividades econômicas e uma das mais importantes é a agrícola”. A água é de grande importância na agricultura, a irrigação é uma técnica que visa suprir as necessidades hídricas de uma área plantada, com baixa disponibilidade hídrica. Os principais tipos de irrigação utilizados são: superficial, localizado e aspersão.

Os avanços da agricultura contrastam entre o desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico. Para Macedo (2015, p. 43), “além das condições climáticas, a

devastação ambiental e o desmatamento são fatores de grande impacto. O desenvolvimento agrícola deve superar o grande desafio de estar em harmonia com a proteção ambiental”.

Para enfrentar o paradigma do crescimento econômico e desenvolvimento sustentável, principalmente no meio rural, é imprescindível o uso da tecnologia,

Usufruido da evolução dos sistemas de tecnologia mais atuais como a robótica, essa por sua vez é um elemento extremamente importante na atualidade e principalmente no setor industrial, a tendência é que diversos setores da agricultura, que hoje são realizados de maneira convencional sejam substituídos por dispositivos telecontrolados ou até mesmo autônomos. (BATISTA, 2016, p. 14)

A produção agrícola é a mais beneficiada com o emprego das novas tecnologias, Rossi (2017, p. 1) indica que “a adoção de uma tecnologia agrícola é motivada, principalmente, pela busca por aumento na receita do produtor e/ou redução de custos de produção”. A obtenção de lucros é, sem dúvida, um importante motivo para a sua adoção, porém, fatores institucionais, econômicos, ambientais e características dos produtores, das propriedades, da produção e da tecnologia, entre outros, também podem afetar a decisão de introduzir uma nova tecnologia no sistema produtivo.

A consolidação do agronegócio no cenário econômico traz à baila essa discussão. De acordo com Alves et. al. (2017, p. 336), “os grandes produtores são responsáveis por grandes extensões de terra, tecnologia de ponta e são altamente competitivos no mercado exterior, por conhecer e conseguir se adequar as exigências técnicas, ambientais e as preferências desse mercado”.

Como contribuição para o debate, Rossi (2017, p. 8) itera: “as teorias neoclássica e evolucionária atribuem importância bastante diferente à tecnologia e ao progresso tecnológico no processo de crescimento e desenvolvimento econômico”.

Nessa abordagem, Rossi (2017, p. 12) assegura que “da análise do impacto da mudança tecnológica no desenvolvimento econômico, surgiram diversos estudos sobre a adoção e difusão de tecnologia e seus determinantes”. As teorias de adoção e difusão de inovações tecnológicas nasceram, principalmente, nas tradições da sociologia rural e médica, no início do século XX.

A adoção de tecnologias no campo da produção trouxe uma revolução no meio rural:

No que tange à inovação tecnológica sabemos que ela é fundamental no setor produtivo e assegura o desenvolvimento de novos métodos e técnicas que venham a aprimorar o processo produtivo, promovendo condições de desenvolvimento do setor e uma maior inserção nos mercados. (ALVES et. al., 2017, p. 342)

Em suas abordagens sobre o uso de tecnologias no campo, May (1988, p. 164) aponta que “uma reforma agrária de alcance maior precisa incorporar crédito, tecnologia (inclusive no que diz respeito ao manejo dos recursos hídricos), armazenagem e sistemas de comercialização”.

Nessa direção do emprego dessas tecnologias, constata-se:

O investimento em tecnologias – como irrigação localizada, adubação e correção do solo – só é compensatório se possibilitar elevadas produtividades, as quais cubram os custos de produção, e a adubação nitrogenada tem grande papel nesse cenário, pois a utilização da dose correta permite elevar a produtividade da cultura. (TARTAGLIA, 2018, p. 62)

Assim como em outros setores da economia, a agricultura também usa as tecnologias 4.0.

No entanto, existem vários desafios para que as tecnologias efetivamente auxiliem no uso racional de água na agricultura, como a dificuldade no desenvolvimento de aplicações baseadas na Internet das Coisas - IoT, a integração de plataformas de software com sensores, tecnologias de comunicação e a necessidade de adaptabilidade a diferentes cenários e interoperabilidade entre componentes de software, hardware e comunicação de diferentes fabricantes. (KAMIENSKI E VISOLI, 2018, p. 77)

A eficiência, a eficácia e a efetividade passam a fazer parte dos meios produtivos na agricultura moderna, e Monteiro et. al. (2018, p. 4) indicam como “tais inovações permitem contar com eficiência energética sustentável e melhorar sua performance competitiva, permitem também maior produção, aumento dos lucros e da eficiência econômica”.

2. BASE DE CONCEPÇÃO

A Bacia Hidrográfica Amazônica abrange sete países, com a maior extensão territorial do mundo. Nos relatos de Almeida et. al (2019, p. 1) a Bacia Amazônica é “mundialmente conhecida por suas riquezas naturais, fauna, flora e extensão geográfica, detentora do maior volume de água doce do planeta, com rios de ciclos sazonais”.

A bacia Amazônica tem como rio principal o rio Amazonas. Nas pesquisas de Ferreira (2014, p. 21), “o grande rio representa a via de escoamento e abastecimento, a grande estrada hídrica que liga Parintins à capital do Estado e ao Oceano Atlântico”. Segundo dados pesquisados por Val et al (2010, p. 1) “o rio Amazonas descarrega no oceano Atlântico 175.000 m³ de água doce a cada segundo, e representa 20 % de toda a água doce que entra nos oceanos do mundo todo”. Nas informações descritas por Almeida et al (2019, p. 7), “o regime hidrológico do rio Amazonas apresenta ascensão lenta e recessão acelerada, resultante do regime equatorial alterado”.

O município Parintins está localizado na Bacia Amazônica. Nas análises de Couto (2005, p. 17) “é parte da 9ª sub-região, região do baixo Amazonas, com coordenadas geográficas: latitude – 2° 36’, 48”, Sul e longitude – 56° 44’, Oeste de Greenwich, a 50m acima do nível do mar, distante 369 km em linha reta da capital do estado, Manaus e 420 km por via fluvial”. Seguindo a caracterização do que diz respeito ao clima, o mesmo autor relata ainda que “na classificação de Koppen, o clima do município enquadra-se no grupo climático A (tropical chuvoso), tipo Amw, que se caracteriza por apresentar uma estação seca de pequena duração”.

Nas propriedades de umidade, Couto (2005, p. 19) destaca que Parintins “possui umidade suficiente para alimentar a floresta. A precipitação pluviométrica é sempre superior a 2.000 mm/ano. A temperatura média anual oscila em torno de 26°C, com pequena amplitude térmica. A umidade relativa do ar é sempre superior a 80%”.

Parintins tem sua sede situada à margem direita do rio Amazonas. Nas pesquisas de Souza (2013, p. 28) é relatado que o território municipal “[...] faz fronteira com o Estado do Pará”. Nas descrições de Archanjo (2016, p. 25), “a Ilha de Tupinambarana (como Parintins também é conhecida) tem 45 km² de extensão. [...] A cidade foi construída sobre a ilha Tupinambarana, estando rodeada pelo Rio Amazonas, e pelos lagos do Parananema, Aninga e Macurani, que completam o abraço de 360 graus sobre a cidade”. Em dados narrados por Ferreira (2014, p. 21) “os cursos d’água mais importantes dentro do município são: o Paraná do Ramos, o Paraná do Espírito Santo, o Paraná do Limão, o rio Uaicurapá, o rio Mamuru”.

Ao longo dos rios destacam-se os lagos, que de acordo com Ferreira (2014, p. 21) são: “o Lago do Macuricanã, o Lago do Aninga, o Lago do Parananema, o Lago do Macarani e a Lagoa da Francesa, estes quatro últimos de vital importância quanto à sua preservação, uma vez que banham a sede municipal e estão mais suscetíveis à depredação e poluição”.

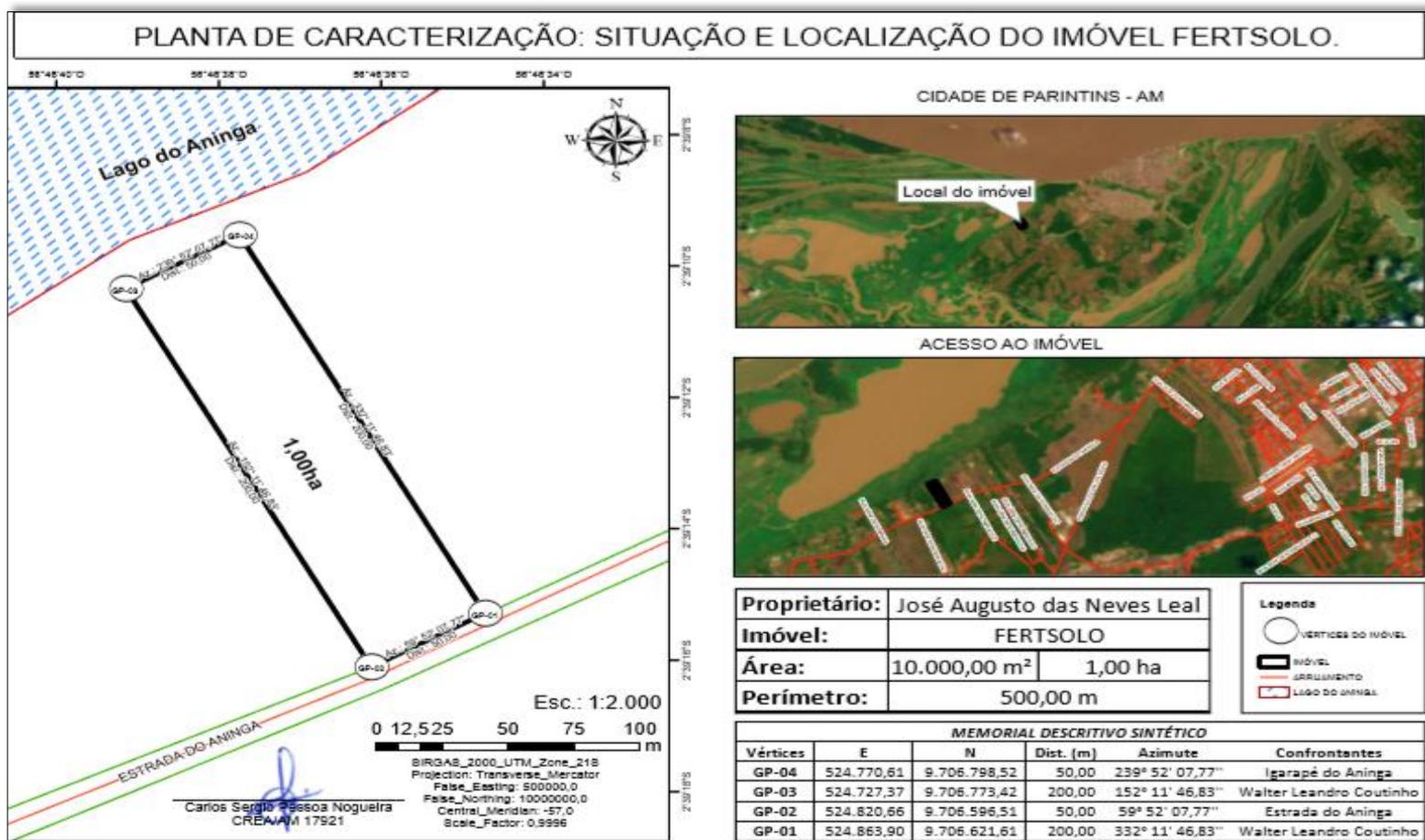
Na caracterização do regime hidrológico do rio Amazonas, na cidade de Parintins/AM, Almeida et al (2019, p. 7) relatam que “o ano que registrou a máxima histórica para enchente na sede do município foi 1971, com a cota no mês de junho chegando 1079cm e a mínima, no ano de 2010, com valor de -186cm”.

A comunidade do Aninga é área prioritária, segundo o Plano Diretor do Município de Parintins, para criação de Unidade de Conservação (LEI MUNICIPAL Nº 09/2006, Art.10. Parágrafo único). No Art.65 da mesma Lei, é exposto que há restrição da ocupação nas áreas de proteção ambiental existentes no âmbito municipal, preferencialmente nos lagos que envolvem a sede do município, como é o caso do lago do Aninga.

Nos estudos relacionados às comunidades periurbanas do Município de Parintins, Roçoda (2011, p. 2), destacou que “nas comunidades predominam várias formações florísticas. Floresta de terra firme (*Ombrofila Densa*), floresta de várzea e Campinas (savanas da Amazônia), além das campinaranas, florestas de restinga, campos naturais de várzeas e a vegetação aquática que cobre lagos e tantos outros ambientes de várzeas”. Atualmente, estas florestas encontram-se bastante antropizadas, devido a diversas atividades agropecuárias e recreativas.

Os estudos foram desenvolvidos no imóvel Fertsolo, com área: 10.000,00m² ou 1,00 ha perímetro: 500,00m, localizado no km 1, da estrada do Aninga – zona rural do município de Parintins, considerada também como comunidade periurbana, com os seguintes limites: norte: do gp-04, confrontando com igarapé do Aninga, até o vértice gp-03; sul: do gp-02, confrontando com estrada do Aninga, até o vértice gp-01; leste: do gp-01, confrontando, até o vértice gp-04; e oeste: do gp-03, confrontando, até o vértice gp-02, como mostra a **Figura 1**.

Figura 1 – Área de Localização



Fonte: Sirgas_2000_UTM Zone_z18 Elaborado por Albuquerque, E.S. e Nogueira (2018).

Na propriedade onde os estudos foram desenvolvidos, a família proprietária do imóvel desenvolve várias atividades de produção, especialmente o cultivo de hortaliças, como alface, couve, cebolinha, coentro, pimenta de cheiro e chicória, tanto em ambiente protegido como em casa de vegetação e sombrite, assim como em condições de campo. Ainda cultivam culturas anuais como macaxeira, melancia, maxixe e jerimum.

Outro destaque é a produção de frutíferas como graviola, acerola, manga, mamão e coco, sendo esse cultivo na forma de Sistemas Agroflorestais, que, além de proporcionar mais rentabilidade para o produtor familiar, devido à diversidade da produção, ainda realiza serviços ambientais importantes para manutenção do equilíbrio ambiental.

A receita da família, segundo informações obtidas junto ao casal, é satisfatória, girando em torno de R\$ 1.100,00 (um mil e cem reais) mensal, com destaque para as hortaliças, sendo a alface a mais rentável, enquanto das frutíferas a melhor receita vem do mamão e graviola.

O uso e o emprego de tecnologias são fundamentais para o sucesso de qualquer projeto, no caso da Agricultura familiar ainda muito mais. No período em que pudemos acompanhar as atividades da família por ocasião da realização da pesquisa, pudemos constatar como uma propriedade com 1,0 ha pode ser rentável e viável para os agricultores familiares.

2.1. Pesquisa adotada

A pesquisa é de natureza aplicada, no processo de construção de um sistema de irrigação com uso de tecnologia do microcontrolador Arduino Mega 2560 R3. Para os pesquisadores Prodanov e Freitas (2013, p. 51), esse tipo de pesquisa objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

Quanto aos objetivos, serão de cunho descritivo, o que, de acordo com Prodanov (2013, p. 127), “expõe as características de uma determinada população ou fenômeno, demandando técnicas padronizadas de coleta de dados”. A pesquisa teve como prática para obtenção dos resultados a utilização de irrigação inteligente no cultivo de hortaliça (Alface) em casa de vegetação e canteiros adaptados.

O sistema tecnológico de irrigação é proposto como suporte ao processo de equacionamento do desperdício da água enquanto recursos hídricos para, assim, podermos ter a perspectiva da criação do sistema inteligente de irrigação na agricultura local do município de Parintins. Poderá ser uma proposta de mudança de comportamento do agricultor no processo da irrigação, evitando desperdício do recurso hídrico, o qual dinamizará em termos de custo e

benefício, o que, traduzidos em técnicas estatísticas, resultará em impactos positivos aos recursos hídricos e ao próprio agricultor.

Os dados gerados a partir da aplicação do dispositivo eletrônico na irrigação apresentam alternativas viáveis para a governança e gestão do recurso hídrico na Amazônia, principalmente no Amazonas.

A análise dos dados ocorreu por meio de tabulação eletrônica, pois,

O processamento por computador é muito útil quando se trabalha com um grande volume de dados, como no caso de levantamentos, que envolvem amostras numerosas. Também é útil mesmo quando se trabalha com uma quantidade menor de dados, mas cuja análise requer o uso de técnicas estatísticas mais sofisticadas, que geralmente envolvem cálculos numerosos e complexos. (GIL, 2008, p. 160)

Para apresentação dos resultados, os dados foram trabalhados na ferramenta *Excel* da *Microsoft* no formato de planilhas, no intuito de gerar estatística e informações que estão apresentadas no resultado em formato de gráficos e quadros com estatísticas descritivas dos dados de máxima, mínima, média, moda e mediana.

2.2. Casa de Vegetação e adaptação do canteiro

Os estudos de Carvalho e Tessarioli Neto (2005, p. 2) relatam que “a finalidade do cultivo em ambiente protegido é melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas por oferecer regularidade na produção”.

As casas de vegetação são um instrumento de proteção ambiental para produção de plantas, como hortaliças e flores, e são estratégias para a produção em períodos em que as intempéries afetam o cultivo em condições de campo. Por definição, casas de vegetação são estruturas construídas com materiais como madeira, concreto, ferro, alumínio, e cobertas com materiais transparentes que permitam a passagem da luz solar para crescimento e desenvolvimento das plantas.

O uso destas estruturas pode ser de caráter parcial ou pleno, dependendo das características exploradas. Um exemplo característico do uso parcial é a utilização de cobertura da estrutura para obter-se o efeito “guarda-chuva”, muito comum em regiões tropicais, sendo o modelo no estilo capela (**Figura 2**).

Figura 2 – Casa de Vegetação para realização do plantio de hortaliças

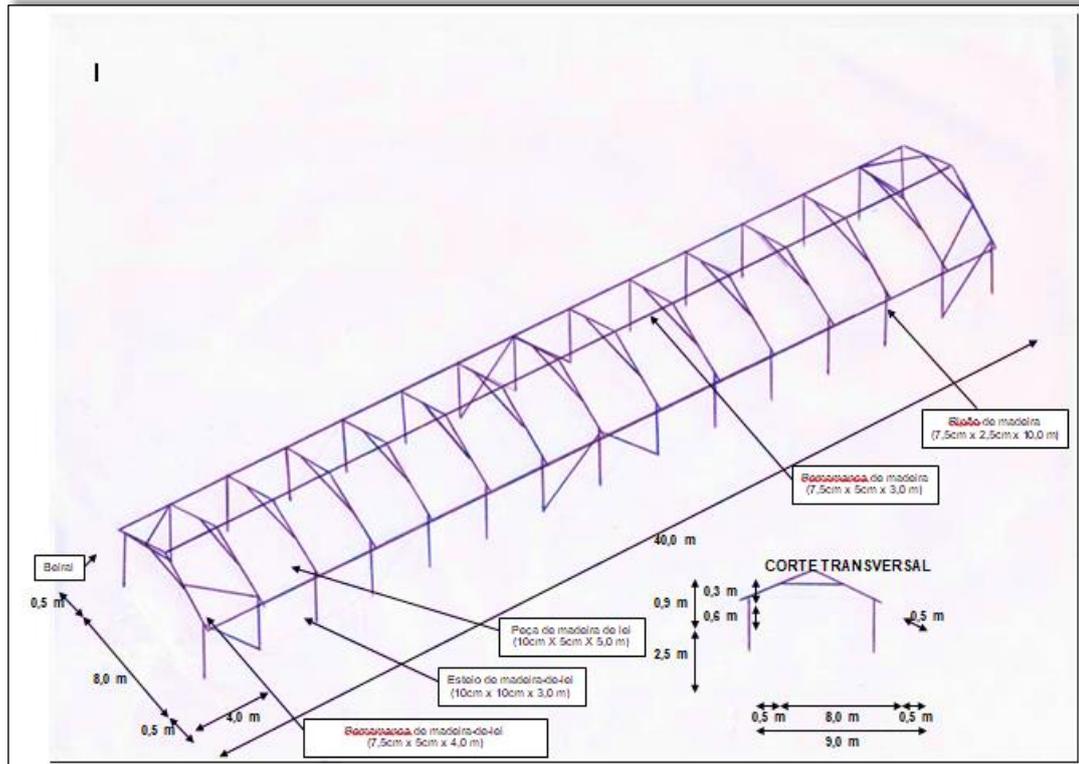


Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para a realização do experimento, a casa de vegetação foi construída com as seguintes dimensões:

Comprimento da casa de vegetação: 40,0m x 9,0m de largura total x 8,0m de largura interna x 2,5m de pé-direito x 3,5m de altura central até na cumeeira do telhado, construídos em módulos de 4,0m, como mostra a **Figura 3**.

Figura 3 – Modelo de Casa de Vegetação Tipo Capela com Estrutura de Madeira-de-lei



Fonte: Neville V. B. dos Reis. 2005. Organizado por Albuquerque, E.S. (2020).

O modelo de casa de vegetação apresentado aqui é de baixo custo, o mais indicado para os agricultores familiares, quando comparado a outros modelos de casa de vegetação existentes, por permitir o uso de materiais encontrados na própria propriedade. Por conta da sua dimensão, sua área é bem mais aproveitada, permitindo o preparo de 5 a 7 canteiros, com largura média de 0,8 m x 31,0 m x 0,05 m, otimizando melhor o espaço e assegurando uma produção maior por cada unidade.

Para a construção da casa de vegetação do experimento, utilizaram-se os seguintes materiais:

Material de estrutura: Foram utilizados esteios a base de madeira de lei, trabalhada e roliças (como apanhada em seu habitat natural sem nenhuma industrialização), sendo os esteios de madeira de lei de 10cmX10cmX4m (Largura X Espessura X Comprimento), e os esteios da cumeeira com peças de madeira de lei de 10cmX05cmX5,0m (Largura X Espessura X Comprimento).

Para execução da obra foram utilizados pregos com cabeça 18 X 27 (2 1/2" X 10), prego com cabeça 16 X 27 (2 1/2" X 12), pregos com cabeça 15 X 27 (2 1/2" X 13), barra rosca 3/4" zincada de 1,0m de comprimento, porca de 3/4" e arruela de 3/4", sendo todos materiais de fácil acesso no mercado local (**Figura 4**).

Figura 4 – Materiais Utilizados na Construção da Estrutura da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Na estrutura de madeira da cobertura, foram utilizados ripões de madeira de lei de 7,5cmX2,5cmX10,0m (Largura X Espessura X Comprimento) e travessa de madeira de lei de 15cmX05cmX8,0m (Largura X Espessura X Comprimento), sendo que a madeira utilizada foi de angelim vermelho (*Dinizia excelsa Ducke*), espécie comum na Região de Parintins.

Para a construção da cobertura (**Figura 5**), foram usados pregos com cabeça 18 X 27 (2 1/2" X 10) para fixação do plástico, arame liso galvanizado 16 (1,65mm), grampo para cerca 13 X 6 (1 1/2" X 15) galvanizado e corda trançada de polipropileno branca de 2mm

Figura 5 – Vista Lateral da Estrutura da Cobertura de Madeira Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para a cobertura da casa de vegetação, utilizaram-se os seguintes materiais:

Material de cobertura: Recomenda-se o uso de polietileno de baixa densidade (MEPD), nas espessuras de 120micra, por ter a durabilidade de uso entre 12 e 36 meses (**Figura 6**).

Figura 6 – Cobertura da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Na montagem da cobertura foram utilizados plástico transparente tratado contra raio UV, com 150 micras de espessura de 4,0m X 100,0m (Largura X Comprimento) e sombrite a 30% para proteção contra praga e raios UV, comprimento 50mX4m de largura (**Figura 7**).

Figura 7 – Material Utilizado na Cobertura da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para o a proteção lateral da casa de vegetação, foi adaptado um cortinamento com os seguintes materiais:

Cortinamento lateral: Telas para sombreamento denominadas sombrite, base de Tecido não tecido (TNT). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos (ABINT) (1999, p. 5), o TNT é constituído por uma liga de fibras e polietileno, que serve também como térmico, pois servem para reduzir a temperatura dentro da casa de vegetação, especialmente por controlar a entrada da luz do Sol. Nas pesquisas de Gomes (2015, p. 4), são destinadas ao controle solar em diversas culturas agrícolas, onde seu uso correto garante maior produtividade, homogeneidade no crescimento e melhor sanidade das plantas.

Para Purquerio (2006, p. 6), outro ponto a ser observado são as cortinas laterais que devem ser sempre móveis, para serem fechadas no caso da necessidade de retenção da temperatura através do aquecimento do ar, ou abertas para a saída do ar quente, quando se deseja o resfriamento (**Figura 8**).

Figura 8 – Cortinamento lateral da Casa de vegetação a base de tecido TNT



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Na parte frontal da casa de vegetação foram utilizadas telas ou malhas de polipropileno de porosidade e percentuais entre 18 e 50%, essa técnica é utilizada para reduzir a temperatura dentro da casa de vegetação, especialmente por controlar a entrada da luz do Sol (**Figura 9**).

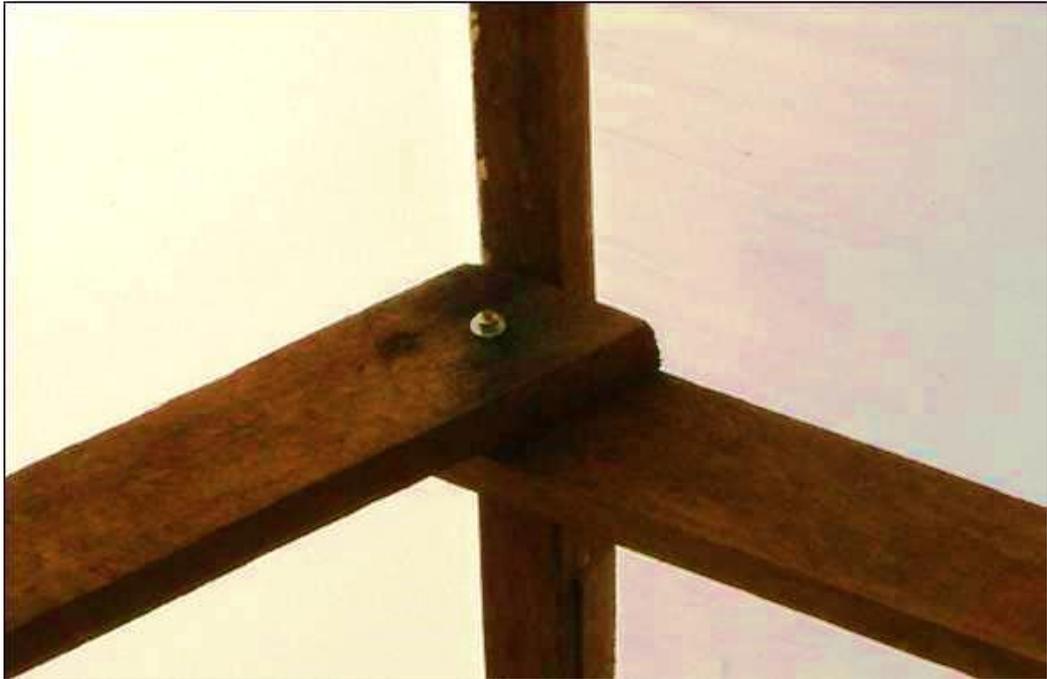
Figura 9 – Cortinamento frontal Casa de Vegetação a Base de Tela Sombrite



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Na Geometria de telhado foi adotado o modelo de casa de vegetação tipo capela. O sistema de construção retilíneo e curvilíneo serve para um melhor aproveitamento das madeiras de lei, mão-de-obra local, estabelecendo assim uma boa relação custo/benefício (**Figura 10**). Todos esses detalhes são de grande relevância, principalmente pelo fato de o presente trabalho propor que os resultados da pesquisa sejam implementados pelos agricultores e agricultoras familiares do Município de Parintins/AM.

Figura 10 – Detalhe do Sistema da Cobertura da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

No entanto, Neville (2005, p. 3) recomenda que utilizemos as transformações físicas atmosféricas, como geração de convecção para transporte de calor e massa produzidas pelo modelo de construção de telhado da referida casa de vegetação. Para o presente trabalho, optou-se por não implantar nenhum tipo de acessório especial que implicasse no uso de energia elétrica (aquecimento, ventilação, exaustão), pelo fato de termos como público-alvo os agricultores da agricultura familiar da Amazônia, onde a temperatura oscila, como observado por Couto (2005, p. 19): “a temperatura média anual oscila em torno de 26° C, com pequena amplitude térmica. A umidade relativa do ar é sempre superior a 80%”.

No preparo dos canteiros, Alves (2011, p. 17) “aborda que os mesmos devem ser construídos, com a movimentação de terra, de modo a ficarem cerca de 20 cm mais altos que o nível do chão, sua largura deve ser em média 120cm e o comprimento variável”.

Na construção dos canteiros para execução do projeto, a dimensão trabalhada foi de 0,80 m de largura x 31,5m de comprimento x 0,05m de altura. Neste sentido, foi feita a padronização para obtenção dos resultados mais significativos possíveis.

A pesquisa foi feita com o total de 05 canteiros, sendo que em cada um foram adaptadas três fileiras espaçadas com 0,23m entre elas (**Figura 11**).

Figura 11 – Construção dos Canteiros na Área da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Na construção dos canteiros foram utilizados utensílios como enxadas, enxadecos, escarificador e carrinho de mão. Todos os trabalhos foram desenvolvidos manualmente, pois o acesso à mecanização, mesmo para atividades de horticultura no município de Parintins, ainda é muito dificultoso, evidenciando a necessidade da disponibilização de novas tecnologias para auxiliar a agricultura familiar do município.

Um fator que foi levado em consideração foi o desnível da área onde foram preparados os canteiros. No trabalho de uniformização, foi identificado que esse seria um fator a ser considerado, pois na coleta de dados a variável de umidade levaria à sérios erros de leitura, devido ao encharcamento acarretado pela desuniformidade (**Figura 12**).

Figura 12 – Desnível dos Canteiros na Área da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para a solução do desnível do terreno, foram usados aproximadamente 7m³ de aterro, coletado de uma área próxima à propriedade. Usando técnicas simples com uma mangueira de água transparente, foi constatado que a altura inicial dos canteiros era de 0,0m, no entanto, ao final, encontramos 0,25m, o que corroborou com a decisão de um nivelamento do terreno (**Figura 13**).

Figura 13 – Uniformização e Padronização dos Canteiros na Área da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Devido à importância da matéria orgânica no solo, Casalinho (2007, p. 1) argumenta que esta é um importante indicador de qualidade de solo, pois exerce grande influência sobre suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Dentre as propriedades físicas, melhora principalmente a estrutura dos solos e estabilidade dos agregados, o que resulta em uma melhor resistência do solo à erosão.

Para melhoramento da qualidade do solo dos canteiros, foi utilizado o composto orgânico, produzido na propriedade à base de rúmen bovino, sementes de açaí, serragem, carvão e cinza vegetal e podas de árvores trituradas. Em cada metro quadrado de canteiro, foram utilizados 04 quilos de composto para obtenção de um solo com boa qualidade para realização do experimento, sendo que esse é um fator muito limitante em sistemas de irrigação (**Figura 14**).

Figura 14 – Utilização de Composto Orgânicos nos Canteiros da Casa de Vegetação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para instalação das fitas de gotejamento, a escolha correta do sistema de irrigação é muito importante para a gestão e manejo do recurso hídrico. Para Castelani (2018, p. 2), “irrigação por gotejamento tem vantagens significativas, tais como, menor uso de água, transporte de nutrientes, transporte de substâncias químicas, menor demanda de mão de obra, ações corretivas em curto prazo”. O mesmo autor relata também que “há um aumento significativo da sustentabilidade da plantação, conseqüentemente uma maior produtividade resultando em lucros” (2018, p. 2).

No entanto, é necessário avaliar com bastante critério esse sistema de irrigação, uma vez que as vantagens podem tornar-se limitadas e, de certa forma, ineficazes, se os processos de execução de montagem e escolha correta dos componentes não atenderem as exigências admissíveis e adequadas para se elaborar um projeto com total eficiência e o melhor resultado.

Para o início das linhas de irrigação, foram utilizados anéis de borracha, também conhecido como chulinha, com 16mm de diâmetro, com furos de 1mm, sendo esse material muito importante para a conexão nos tubos das linhas individuais, pois evitam vazamentos nas instalações

No Catálogo de Irrigação Amanco (2017, p.73), é descrito que o anel de borracha, ou chulinha, foi criado para solucionar os problemas de vedação na instalação de microaspersores e gotejadores em tubos rígidos como PVC ou PEAD. Estas são confeccionadas em borracha

flexível, permitindo uma perfeita vedação. Para a correta instalação das chulinhas de 16 mm, foi usado broca chata de 5/16" para furar a tubulação onde ela será utilizada (**Figura 15**).

Figura 15 – Utilização do Anel de Borracha no Início da Linha Sistema de Irrigação



Fonte: Catálogo de Irrigação Amanco, (2017).

Na sequência da instalação do início das linhas, foi adaptado o registro inicial com rosca de 16mm, com rosca de $\frac{3}{4}$. Esse modelo de registro inicial, conforme o Catálogo de Irrigação Amanco (2017, p. 73), possui rosca $\frac{3}{4}$ " x 20mm interno com rosca. Com compatibilidade: para tubo PEBDL com diâmetro interno de 20mm (mangueira de $\frac{3}{4}$) e espessura de parede de 0,10mm à 1,50mm. A distância entre os registros iniciais foi de 23cm.

Essa instalação possui um controle manual do sistema de irrigação, e sua utilização funcionou como precaução em caso da necessidade de qualquer tipo de problemas com a utilização do sistema eletrônico (**Figura 16**).

Figura 16 – Registro Inicial com Rosca no Início da Linha Sistema de Irrigação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A fita gotejadora utilizada no experimento possui diâmetro interno de 16,1 mm, espessura de 0,15 mm, vazão nominal de 1,6 l/h, e distância entre gotejadores de 0,10 m, produzida para irrigação por gotejamento, caracterizada pelo uso de gotejador pastilha (também descrito como Plano ou Flat).

Esse modelo é muito utilizado na irrigação localizada por gotejamento em lavouras com características de plantio em linha e de ciclo rápido, como alface, tomate, morango, melão e cebola.

Cada canteiro recebeu três linhas de fita de gotejamento, com 31,5 m de comprimento e distância de 0,23 m entre as fitas como mostra a **Figura 17**.

Figura 17 – Montagem da Fita de Gotejamento nos Cinco Canteiros do Sistema de Irrigação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para cada final de linhas de fita de gotejamento, utilizou-se do tampão final com rosca de 16mm, sendo que abraçadeiras de plástico de 0,10 mx2mm foram utilizadas como vedação da fita de gotejamento com o tampão (**Figura 18**).

Figura 18 – Tampão final com rosca para fita de Gotejamento



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para a precisão de resultados, optou-se pelo uso de produtos de qualidade, para maior grau de confiabilidade na coleta dos dados. No Catálogo de Irrigação Amanco (2017, p. 73),

observamos que o final de linha tipo tampão para Mangueira Gotejadora, confeccionado com material super-resistente, fecha o fluxo de água de forma prática e segura. Também possui engate rápido que pode ser manipulado facilmente.

Com os cuidados na coleta dos dados na linha final, utilizou-se arame galvanizado nº 21 com diâmetro de 0,81mm para manter as fitas de gotejamento sempre esticadas. O arame foi preso em ganchos com rosca aberta, fixados em peça de madeira, de modo que as fitas de gotejamentos ficassem bem esticadas.

Esse tipo de arame é conhecido como arame liso, galvanizados ou simplesmente recozidos. É amplamente utilizado em muitas aplicações domésticas, industriais, na construção civil, agricultura e na agropecuária (**Figura 19**).

Figura 19 – Final de Linha com a Utilização de Tampão com Rosca, preso com Arame Galvanizado



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Como a pesquisa necessitou de instalação do equipamento de irrigação, de sensores de umidade e temperatura (foram as variáveis estabelecidas para o desenvolvimento do sistema de irrigação), foi instalado uma fonte de alimentação para todos os equipamentos.

A corrente elétrica utilizada foi a fornecida pela concessionária, com carga de 127V. Para caso de queda de energia, utilizou-se como fonte alternativa uma bateria de 12 AMP e, ainda, placas de energia solar, principalmente pelo fato de que, nas condições amazônicas e na agricultura familiar, não existe fornecimento de energia elétrica em todas as comunidades rurais do município de Parintins.

Para as instalações elétricas, foram usados fios, que são extremamente importantes para que um sistema elétrico e qualquer item que precise de eletricidade funcione, afinal, são eles os responsáveis por conduzir a corrente elétrica, com a finalidade de gerar energia.

Esse tipo de fio é feito de cobre e PVC 750V, material que isola a tensão elétrica, evitando que o cabo transfira eletricidade para outros materiais. É mais utilizado em quadros elétricos, tomadas, chuveiros e em instalações residenciais e industriais mais simples, em que não são necessárias a flexibilidade do fio.

Justamente por ser pouco flexível, não deve ser dobrado, pois uma vez rompido, poderá causar a interrupção da corrente elétrica. Por esse motivo, os fios sólidos normalmente não são a primeira opção de compra, apenas caso o profissional que está cuidando da instalação ou do projeto recomende este modelo.

O tamanho da seção nominal dos fios sólidos – também chamado de bitola – (espessura do fio), será de 2,5mm². Ressalta-se que, quanto maior a bitola, maior a capacidade de corrente elétrica, em amperes, que o fio ou cabo irá carregar. Devido à dimensão das instalações necessárias para o experimento, o recomendado foi uma bitola de 2,5mm² (**Figura 20**).

Figura 20 – Fio de 2,5 mm para Montagem da Rede Elétrica do Projeto de Irrigação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Quanto à utilização das tomadas de um *plug* para embutir em madeira, Fuhrmann (2017, p. 14) “indica que as tomadas podem ser de 10 A/250 V ou 20 A/250 V, bipolar e com contato

terra e podem, ainda, ser de sobrepor ou embutir, sendo bipolar, com contato terra e com os mesmos valores de corrente e tensão descritos anteriormente.”.

Neste sentido, observamos a compatibilidade das tomadas de 20 A com os plugues de 20 A e, também, como estes permitem a inserção de plugues com e sem contato com a terra.

Foram instalados 06 pontos de tomadas no local. Todas foram determinadas de acordo com o local e os equipamentos que foram utilizados no projeto. Uma tomada em especial ficou para alimentar o microcontrolador Arduino e as demais para alimentar as válvulas de solenoides, responsáveis pelo acionamento e desligamento do sistema de irrigação (**Figura 21**).

Figura 21 Tomadas de um Plug para Embutir em Madeira – Rede Elétrica do Projeto de Irrigação



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A **Tabela 1** apresenta a discriminação das tomadas instaladas, a ordem de distribuição e quantidades de tomadas em uso para cada canteiro individualizado.

Tabela 1 – Distribuição das Tomadas de Alimentação Elétrica.

Ordem	Discriminação	Unid	Quant
01	Tomada de 20 A alimentação Arduino	Unid	01
02	Tomada de 20 A alimentação canteiro 1	Unid	01

03	Tomada de 20 A alimentação canteiro 2	Unid	01
04	Tomada de 20 A alimentação canteiro 3	Unid	01
05	Tomada de 20 A alimentação canteiro 4	Unid	01
06	Tomada de 20 A alimentação canteiro 5	Unid	01

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

2.3. Arduino e a composição do sistema para operação

A criação do Arduino teve início em 2005, na Itália, quando os professores Massimo Banzi e David Cuartielles, perceberam que as tecnologias eram de difícil acesso, devido ao seu alto custo. Em um cenário onde a tecnologia tem que estar amplamente disponível para a sociedade surge, então, o Arduino. Para os autores Evans, Noble e Hochenbaum (2013, p. 25), “a ideia, então foi desenvolver o Arduíno: sendo uma plataforma aberta, rápida eletrônica versátil, fácil de usar e, principalmente, com um preço acessível para ser de levar a tecnologia de interação para diversas empregabilidades”.

A ideia seria, portanto, desenvolver um produto tecnológico de fácil manuseio, com o qual as pessoas pudessem aprender facilmente seus conceitos básicos e criar seus próprios. Nos relatos de Evans, Noble e Hochenbaum, (2013, p. 26)

A apreciação da plataforma Arduíno cresceu muito rapidamente após as pessoas notarem os aspectos de sua fácil utilização e o baixo custo, o que permite qualquer pessoa de pouco nível de conhecimento pudesse desenvolver seus próprios projetos.

No contexto atual, o microcontrolador Arduino passa uma importância fundamental em vários seguimentos da pesquisa e inovação tecnológica. Para Hachouche (2017, p. 7),

Pode utilizá-lo para controlar, monitorar, automatizar, existem projetos de monitoramento da qualidade do ar, medição da temperatura de um líquido, sistemas de irrigação, robôs, impressoras 3D, dentre vários outros.

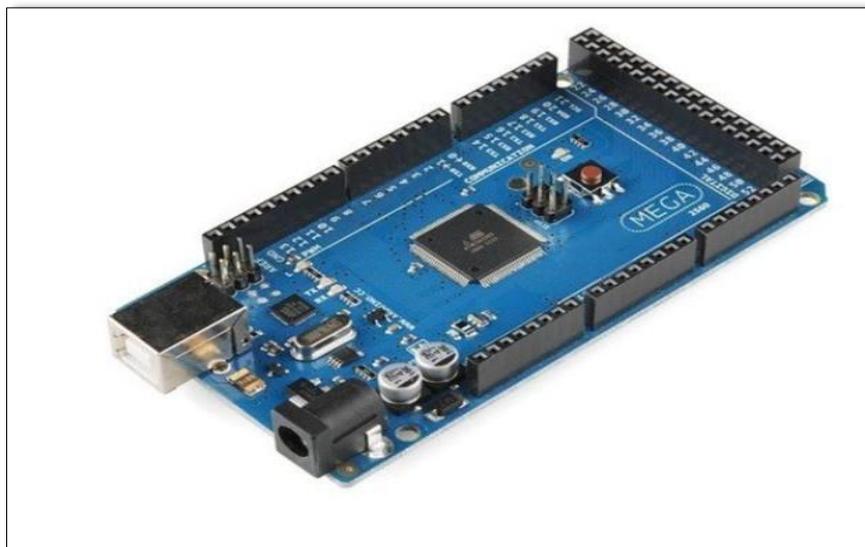
Sendo assim, Mc Roberts (2018, p. 26) destaca que,

O microcontrolador Arduino é uma plataforma que interage entre o hardware e software. Pois envolve um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware, através sensores, e software através de uma programação específica.

Na execução da pesquisa, foi utilizado o microcontrolador Arduino Mega 2560 R3 (**Figura 22**), por ser a placa ideal, devido ao projeto de irrigação ser mais elaborado e pela

necessidade de um número maior de entradas e saídas, haja vista que foram coletados dados de duas variáveis: umidade do solo e temperatura.

Figura 21 – Arduino Mega 2560 R3.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/mega-2560-r3-cabo-usb-para-arduino>, (2020).

Outra vantagem é a facilidade para comprar o microcontrolador Arduino Mega 2560 R3, bastante disponível no mercado e com excelente preço, ressaltando que um dos desafios do projeto é demonstrar a eficiência e a eficácia do produto desenvolvido, sua aplicabilidade e acessibilidade na agricultura familiar do município de Parintins. O **Quadro 1** apresenta Especificações Técnicas do microcontrolador Arduino Mega.

Quadro 6 – Especificações Técnicas do Arduino Mega.

Ordem	Discriminação	Unid	Quant
01	Microcontrolador: ATmega2560	Unid	1
02	Tensão de Operação: 5V	Unid	1
03	Tensão de Entrada: 7-12V	Unid	1
04	Portas Digitais: 54 (15 podem ser usadas como PWM)	Unid	1
05	Portas Analógicas: 16	Unid	1
06	Corrente Pinos I/O: 40mA	Unid	1
07	Corrente Pinos 3,3V: 50mA	Unid	1
08	Memória Flash: 256KB (8KB usado no bootloader)	Unid	1

09	SRAM: 8KB	Unid	1
10	EEPROM: 4KB	Unid	1
11	Velocidade do Clock: 16MHz	Unid	1

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Também foram usados detectores eletrônicos de perda de recursos hídricos, que funcionam como transmissores digitais com filtro digital e sensor capaz de captar o ruído causado por vazamentos, usando uma banda de frequência bastante ampla. Além de possuir módulo amplificador de ruído com teclas sensíveis ao toque e visor para controle, permite infinitas combinações de filtro de alta e baixa frequência. O sensor tem características de construção que ajudam a reduzir sons externos por abafamento, diminuindo, assim, as distorções externas. A rápida detecção e localização das perdas é fundamental em um bom sistema de gestão dos recursos hídricos.

Os equipamentos e instrumentos de aquisição de dados e controle serão instalados juntamente aos sensores e demais equipamentos, diretamente na área do estudo.

Para a coleta de dados referente às variáveis levantadas, foi utilizado uma plataforma de prototipagem eletrônica, o microcontrolador Arduino Mega, responsável por interagir com o ambiente por meio de *hardware* e *software*. Os equipamentos de levantamento e controle de dados baseiam-se em sensores e uma planilha eletrônica, listados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Equipamentos de Levantamento e Controle de Dados.

Material	Quantidade	Unid
Sensor de umidade do solo	15	Unid
Sensor de temperatura	05	Unid
Sensor de medição da posição do vento	04	Unid
Fio jumper	350	M
Arduino Mega	01	Unid
<i>Notebook (Excel)</i>	01	Unid

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Depois de programado, o microcontrolador foi usado de forma independente, na medição das variáveis, pois o aparelho realizou as medições para a obtenção dos dados objetivando o desenvolvimento do sistema inteligente de irrigação.

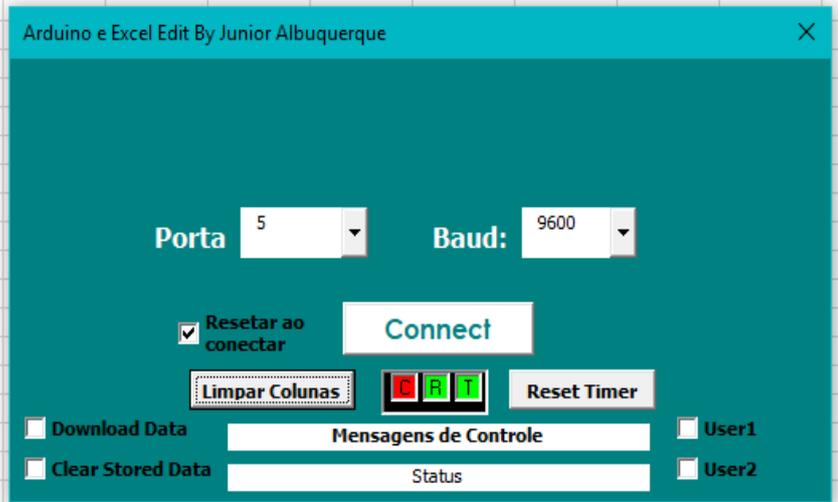
O método utilizado para o experimento foi o de coleta de informações por meio de sensores, que consiste em um software VBA, aliado ao algoritmo embarcado no microcontrolador Arduino.

As informações foram armazenadas compostas com o conteúdo das variáveis (como exemplo, umidade), hora coletada, data e número de linha.

Todas essas informações foram transformadas em dados e repassadas para a planilha eletrônica no formato de *Excel*, conforme mostra a **Figura 23**, para que houvesse um acesso mais rápido e simplificado dos resultados.

Figura 22 – Planilha Eletrônica.

1	Hora	Umidade	Digital	Linha
2	19:25:11	80,00	0	1
3	19:25:12	82,00	0	2
4	19:25:13	85,00	0	3
5	19:25:14	85,00	0	4
6	19:25:15	87,00	0	5
7	19:25:16	88,00	0	6
8	19:25:17	90,00	0	7
9	19:25:18	92,00	0	8
10	19:25:19	94,00	0	9
11	19:25:20	96,00	0	10
12	19:25:21	97,00	0	11
13	19:25:22	98,00	0	12
14	19:25:23	99,00	0	13
15	19:25:24	102,00	0	14
16	19:25:25	103,00	0	15
17	19:25:26	105,00	0	16
18	19:25:27	104,00	0	17
19	19:25:28	105,00	0	18
20	19:25:29	107,00	0	19
21	19:25:30	109,00	0	20
22	19:25:31	110,00	0	21
23	19:25:32	111,00	0	22
24	19:25:33	111,00	0	23
25	19:25:34	111,00	0	24
26	19:25:35	112,00	0	25
27	19:25:36	115,00	0	26
28	19:25:37	117,00	0	27



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020)

Consolidado como uma das ferramentas mais importante para projetos de inovação tecnológica, para Martinazzo et. al. (2014, p. 4), “o sistema do microcontrolador Arduino permite a leitura simultânea de dezenas de sensores, tanto digitais quanto analógicos e, dependendo do conhecimento em eletrônica e programação, é possível agregar dezenas de sensores através do que se chama de multiplexação.”.

Sua configuração utiliza uma linguagem de programação baseada em *Wiring* e pode ser associado ao *Software Processing* para apresentação de resultados na forma gráfica e em tempo real. É importante destacar que o sistema do microcontrolador Arduino, sozinho, não permite o processamento de dados para apresentação gráfica. Os dados lidos pelos sensores, conforme programações do *software*, podem ser tratadas em planilhas eletrônicas, nas quais pode ser realizada a análise das informações.

Dentro da sua versatilidade como ferramenta de inovação tecnológica, sua aplicação vai desde a agricultura e segurança até à automação de processos eletromecânicos. Devido à necessidade de o experimento coletar um maior número de dados possíveis, se fez necessário um sistema bem mais complexo e composto, como apontam as pesquisas de Ferreira (2016, p. 6):

O sistema foi composto por diversas componentes: um Arduino, um computador e/ou *notbook*, conectado à internet quando estiver disponível e uma saída USB, um cabo USB (com *plug* do tipo A para B), resistores, cabos de jumper, protoboard, sensores, fios elétricos, válvula solenoide e demais componentes necessários.

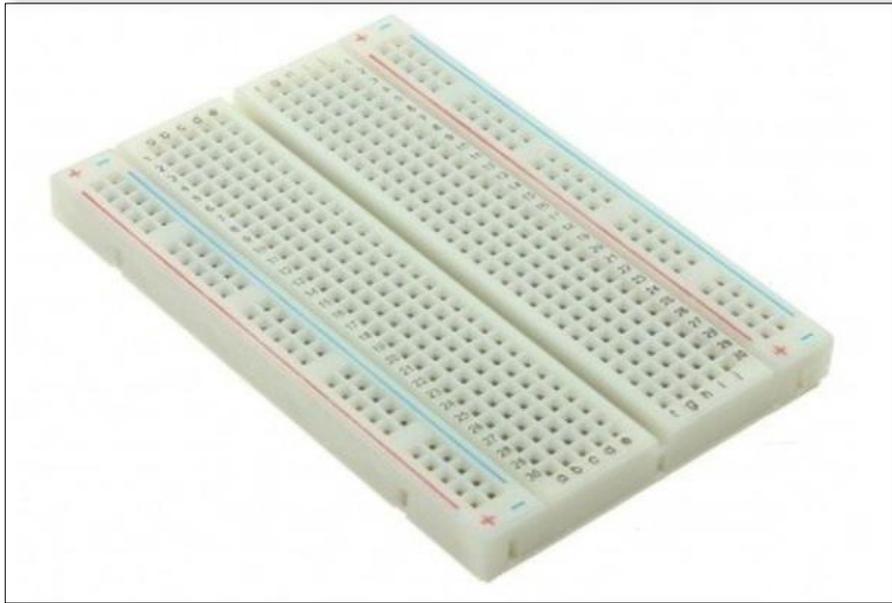
A prototipação foi executada pelo *Protoboard*, um processo que tem como objetivo facilitar o entendimento dos requisitos de uma aplicação. Além disso, ela permite apresentar conceitos e funcionalidades do microcontrolador Arduino de modo simplificado. Nos conceitos dados pelo pesquisador, *Protoboard*,

É uma placa utilizada para a prototipação, ou seja, no ensaio de montagem de circuitos eletrônicos experimentais. Sua vantagem é devido à facilidade de inserção e remoção de componentes, uma vez que não é necessário soldá-los. Na superfície de uma matriz de contato há uma base de plástico contendo os furos onde são encaixados os componentes. (HACHOUCHE, 2017, p. 46)

Com a prototipação dos dados coletados, é possível propor solução adequada para o sistema de irrigação por gotejamento, aumentando, assim, a eficiência na gestão e manejo dos recursos hídricos. Nessa etapa, foram avaliados a distribuição e o uso dos recursos hídricos, a organização do *layout* e outros itens que impactaram a experiência de uso do sistema de irrigação.

Na coleta dos dados, foi utilizado o *Protoboard* 400, por ser uma excelente ferramenta para a montagem de circuitos eletrônicos, de uma maneira rápida, fácil e prática para montar o projeto. Possui 400 pontos e em sua parte inferior há um adesivo que permite colá-lo em uma superfície isolante. São 100 pontos de distribuição e 300 pontos de conexão terminal, com coordenadas coloridas que facilitam a visualização na hora de colocar o componente (**Figura 24**).

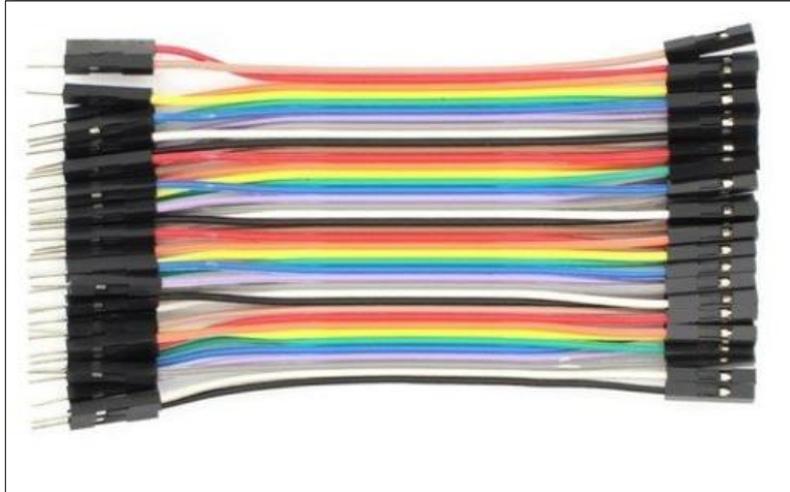
Figura 23 – *Protoboard* de 400 Pontos para Aumentar a Distribuição das Saídas.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/mega-2560-r3-cabo-usb-para-arduino> (2020).

Os cabos *Jumpers* para *protoboard* são utilizados para conectar componentes sem a necessidade de soldá-los. Geralmente, são utilizados em protótipos, nas *protoboards*, e são construídos de material condutor envolto de um material isolante. São excelentes para montagem de projetos com rapidez, agilidade e limpeza (**Figura 25**).

Figura 24 – Cabos *Jumpers*: Ligam um Componente a Outro.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/mega-2560-r3-cabo-usb-para-arduino> (2020)

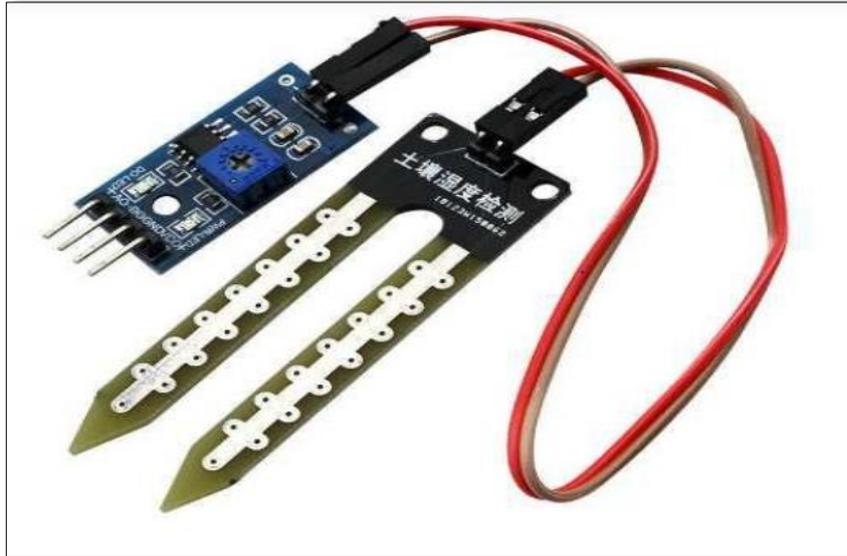
Os Sensores de umidade do solo são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer, diretamente ou indiretamente, um sinal que indica esta grandeza. O desenvolvimento de sensores e a sua aplicação trouxe como consequência inúmeras vantagens ou comodidades para a vida moderna.

Patsko (2006, p. 1) reafirma a importância no uso de pesquisas para coleta de variáveis climáticas, de solo e umidade, “desde a possibilidade de aumentar a eficiência no funcionamento de um motor ou de uma linha de produção, realizar uma pesquisa científica com maior precisão e utilizar na automação de dispositivos”.

O sensor usado no trabalho, que tem a capacidade de medir a umidade do solo, pode ser usado na areia, terra ou até diretamente na água. Aplicando uma pequena tensão nos terminais do módulo YL-69, passam correntes que dependem basicamente da densidade do solo que ali se gera e depende muito da umidade. Portanto, ao aumentar a umidade, a corrente aumenta, e ao abaixar a umidade, a corrente diminui.

Este sensor foi feito para detectar as variações de umidade no solo. Quando o solo está seco, a saída do sensor fica em estado alto, e, quando úmido, fica em estado baixo. O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor, que regulará a saída digital D0. Contudo, para ter uma resolução melhor, é possível utilizar a saída analógica A0 e conectar à um conversor AD, como, por exemplo, a existente no Arduino (**Figura 20**).

Figura 25 – Sensor de Umidade do Solo.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

O Sensor de temperatura é um termômetro digital DS18B20, que fornece medições de temperatura com apenas um fio. O DS18B20 é bastante preciso ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ exatidão) e proporciona leituras de temperatura de até 12-bits (configurável), através de uma conexão de dados de apenas um fio com o seu microcontrolador. Possui características de tensão de operação entre 3-5,5V, e sua faixa de medição vai de 55°C a $+125^{\circ}\text{C}$. Tem a precisão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ entre -10°C e $+85^{\circ}\text{C}$, e apresenta ponta de aço inoxidável com dimensão de ponta de aço 6 x 50mm, dimensão do cabo de 100cm e interface de 1 fio (**Figura 27**).

Figura 26 – Sensor de temperatura.



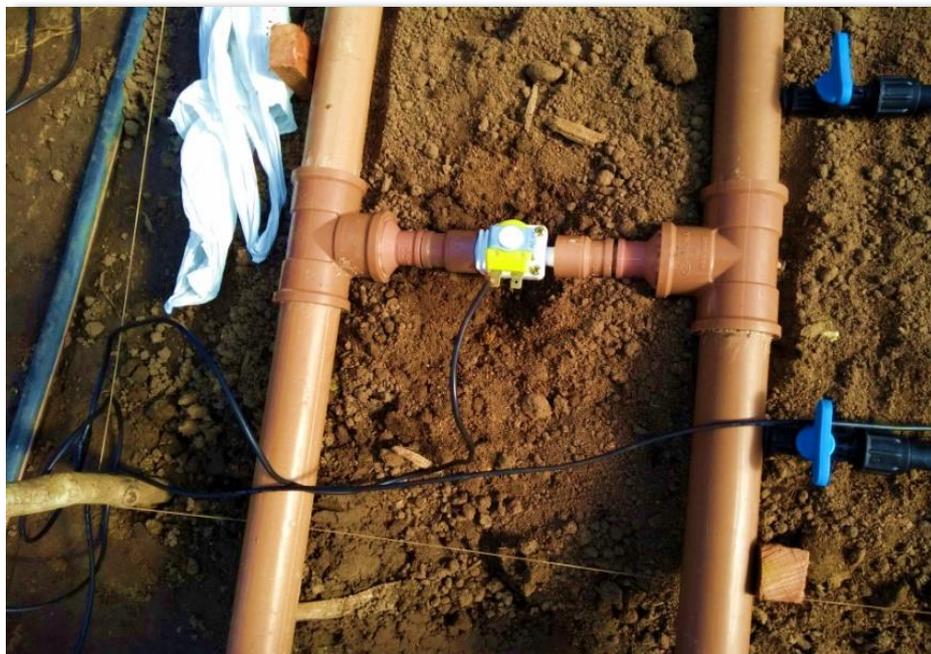
Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A Válvula de Solenoide, nos conceitos de Silva & Lago (2002, p. 1), “são dispositivos eletromecânicos baseados na locomoção, causados pela ação de um campo magnético originado por uma bobina e são muito utilizados nas válvulas para limitação de fluidos com a abertura e fechamento do canal”. A necessidade de controlar o fluxo do recurso hídrico em sistemas de irrigação é essencial para eficiência e manejo adequado.

A estratégia de controle dos canais fluídicos em sua grande maioria é pelo acionamento elétrico, isto é, com a aplicação de uma tensão de alguns volts aplicada sobre o solenoide que faz com que um núcleo metálico ferromagnético se mova, ocasionando a modificação do estado da válvula. (SILVA & LAGO, 2002, p. 2)

Normalmente, a válvula (**Figura 28**) pode ser alimentada continuamente com o mesmo valor inicial de corrente, porém, isso leva à um consumo elevado de energia elétrica e provoca o aquecimento e, conseqüente, desgaste prematuro do dispositivo.

Figura 27 – Válvula Solenoide de Entrada de Água - 180° 3/4" x 3/4" 127V.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

O Módulo Relé é um conjunto de relés acionados por sinais digitais de 5V. Esse componente é indicado para acionar cargas que utilizam correntes maiores do que as fornecidas pelo Arduino.

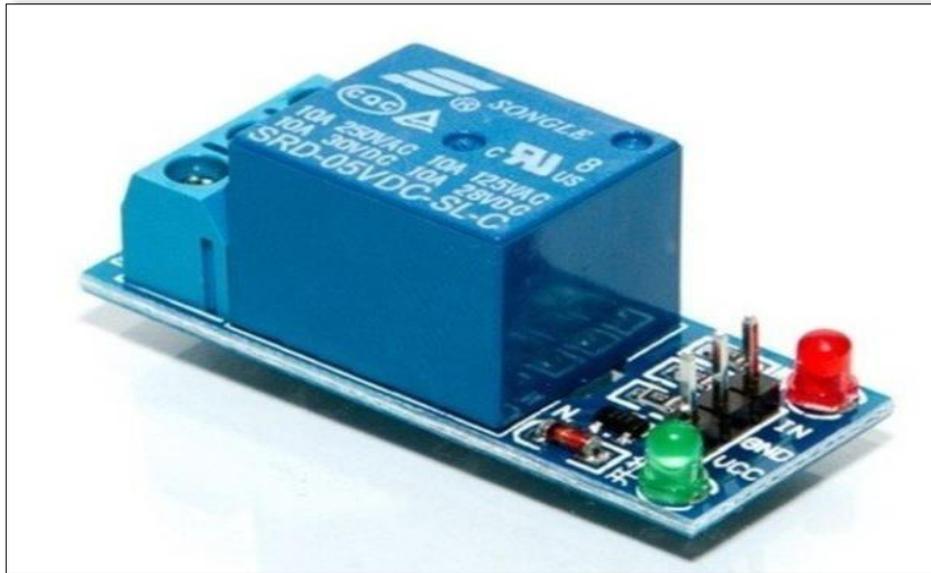
No geral, liga-se um contato do relé a uma fonte externa de energia, que pode ser o terminal de uma tomada, e o outro terminal é ligado à um dos polos da carga. O terminal de

controle do relé (bobina) é ligado à um dos pinos digitais do Arduino. O outro terminal da carga é ligado ao outro terminal da tomada (ou ao outro terminal da bateria).

Nos estudos de Pimenta (2002, p. 4), “o relé é um dispositivo eletromecânico, formado por um magneto móvel, que se desloca unindo dois contatos metálicos”. O funcionamento de um relé é bem simples: quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos, fechando ou abrindo circuitos.

Sua função principal é controlar correntes altas e tensões baixas impostas ao circuito, podendo ser colocado à prova quando comutado à uma tensão muito baixa e uma corrente mais baixa ainda. O Módulo Relé Estado Sólido 4 Canais 5V (SSR) (**Figura 29**) é ideal para realizar um trabalho de alto nível sem desconfiar de desgaste de seus componentes mecânicos.

Figura 28 – Módulo Relé1 Canal5v.



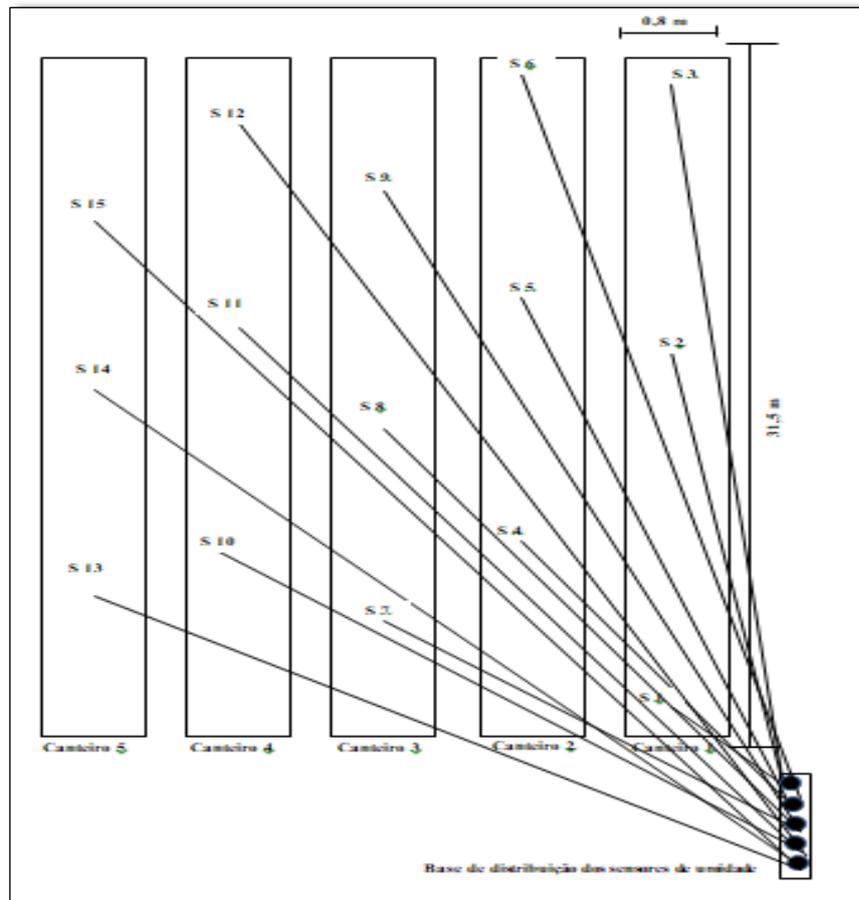
Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Uma das variáveis avaliadas no experimento é a umidade do solo. Nos relatos de Santos e Pereira (2004, p. 573), “a umidade do solo afeta diretamente o desenvolvimento vegetativo da alface, sendo necessária uma aplicação de água com maior frequência e menor intensidade de aplicação ao longo do ciclo da cultura”. Através disso,

O estudo e o monitoramento das condições de solo e clima durante o desenvolvimento da cultura, permitem proporcionar, com alta precisão, a quantidade requerida de água no momento oportuno, a partir de instrumentos de medida e controle instalados no campo e operados por modelos computacionais. (PAZ et al., 2000, p. 471)

Na montagem da coleta dos dados de umidade do solo, foram utilizados 15 sensores de umidade do solo, distribuídos 03 para cada canteiro, como mostra a **Figura 30**.

Figura 29 – Esquema de Distribuição dos Sensores de Umidade.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para obtenção do maior número possível de dados, a distância média de cada sensor ficou em torno de 5 metros, no entanto, foi usado o princípio da aleatoriedade, sendo traçada a distribuição espacial com divisão dos canteiros em faixas de 10 metros. Assim, obteve-se um maior alcance de dados na coleta, conforme consta na **Tabela 3**:

Tabela 3 – Quantidade Jumper (fio) para Montagem dos Sensores

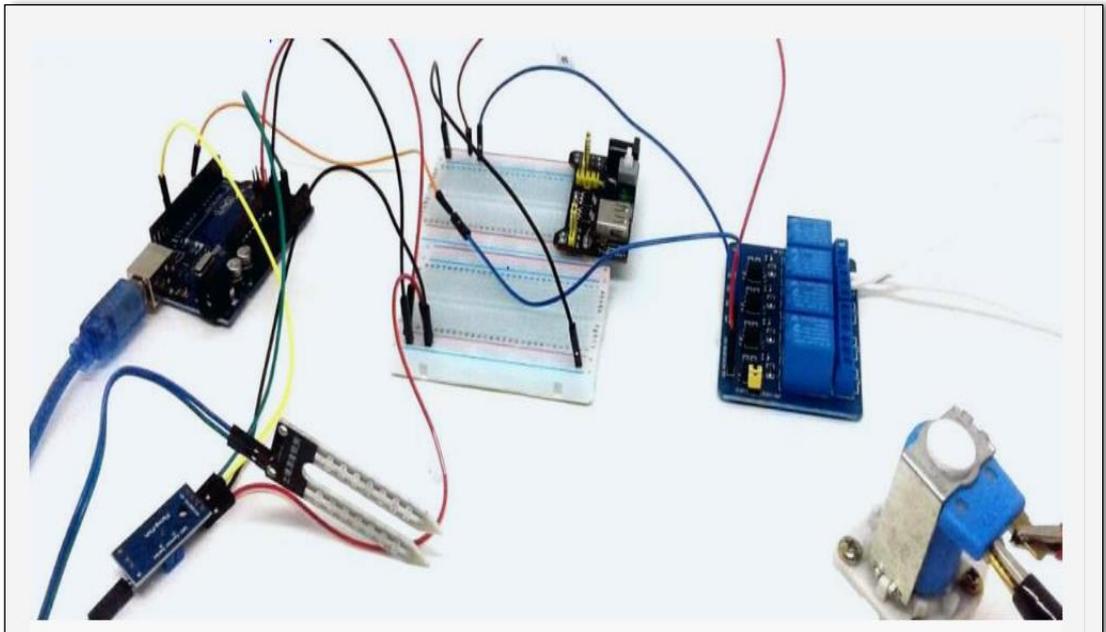
Canteiro	Sensor			Distância (M)		Total (M)	
1	1	2	3	3,0	16,5	31,5	51,0
2	4	5	6	11,5	21,0	34,0	68,5
3	7	8	9	8,0	17,5	27,5	53,0
4	10	11	12	11,0	23,0	33,0	67,0
5	13	14	15	12,0	20,0	30,0	62,0

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Outro fator analisado é de que forma a altura do pé direito influenciará nos dados, uma vez que no ambiente protegido do estudo está a 2,5 metros.

Para esse resultado, foram feitas leituras no período de 10 dias, nos horários da manhã, tarde e noite, com o tempo de 2 horas e intervalos de 05 minutos para cada coleta (**Figura 31 e 32**).

Figura 30 – Montagem Completa do Sensor de Umidade.



Fonte: Eletrogate, (2020). Adaptado Albuquerque, E.S. (2020).

No sequenciamento de automação do sistema de irrigação, foi inserido nos canteiros o Sensor YL-69 – SSR – para a captação de dados de umidade, como mostra a **Figura 32**.

Figura 31 – Sensores de Umidade instalados nos canteiros.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A **Temperatura do solo (TS)** segundo STRECK et al. (1994, p. 131), depende da radiação solar global incidente, das propriedades radiativas da superfície (absortividade e refletividade) e das propriedades térmicas do solo (calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica).

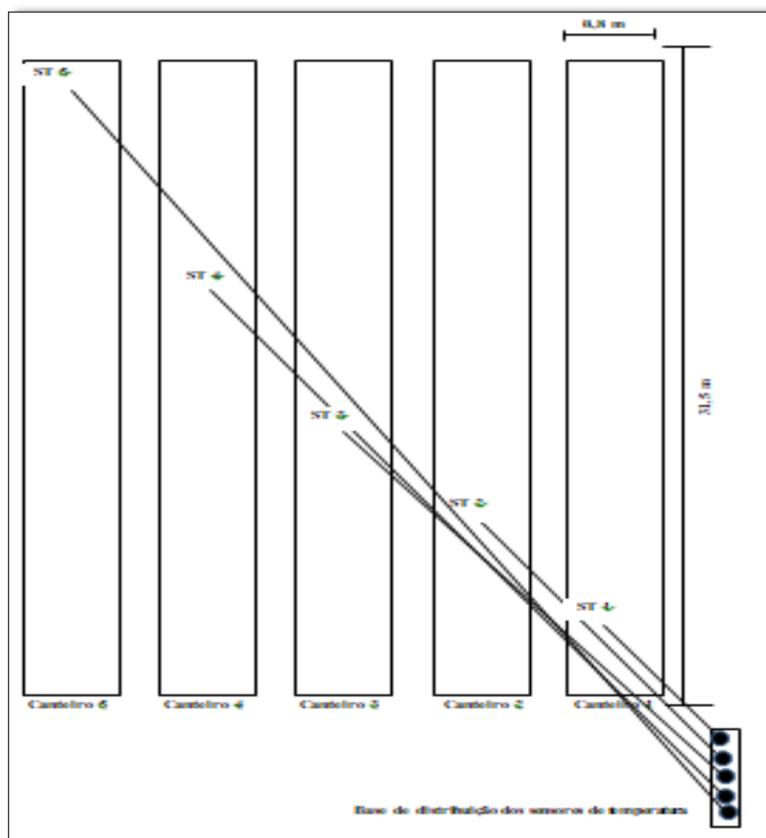
Para cada solo, as propriedades térmicas e radiativas dependem do conteúdo de água no solo.

A TS afeta diretamente as plantas, pois desde a germinação da semente e após a emergência, a TS continua sendo importante, já que extremos de TS podem causar estresse térmico no tecido radicular, o que compromete a absorção de água e de nutrientes, o crescimento e a produtividade das culturas. (GASPARIM et al., 2005, p. 107).

A técnica de irrigação suplementar, além de fornecer água às plantas e aumentar a produtividade das culturas (FIGUEIREDO et al., 2008, ROSA et al., 2012), reduz o aquecimento diurno da superfície do solo desnudo pelo aumento do fluxo de calor latente na interface solo-atmosfera (LIAKATAS et al., 1986; PIRES et al., 2004). No solo desnudo com irrigação ocorre menor temperatura máxima do solo devido à alta capacidade calorífica da água quando comparado ao solo desnudo sem irrigação (PIRES et al., 2004).

Na montagem do esquema para coleta dos dados de temperatura, os sensores foram dispostos no sentido transversal da esquerda para a direita, de acordo como é apresentado na **Figura 33**.

Figura 32 – Esquema da Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal Esquerda para Direita.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A distância entre cada sensor é de 5 metros, conforme apresentado na **Tabela 4**. Essa primeira etapa de coleta foi executada em 10 dias, com intervalos de 02 horas, e intercalando entre os períodos da manhã, tarde e noite.

Tabela 4 – Quantidade Jumper (Fio) para Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal Esquerda para Direita.

Canteiro	Sensor (TS)	Distância (M)	Total (M)
1	1	6,5	6,5
2	2	11,5	11,5
3	3	16,5	16,5
4	4	21,5	21,5

5

5

26,5

26,5

Total Geral

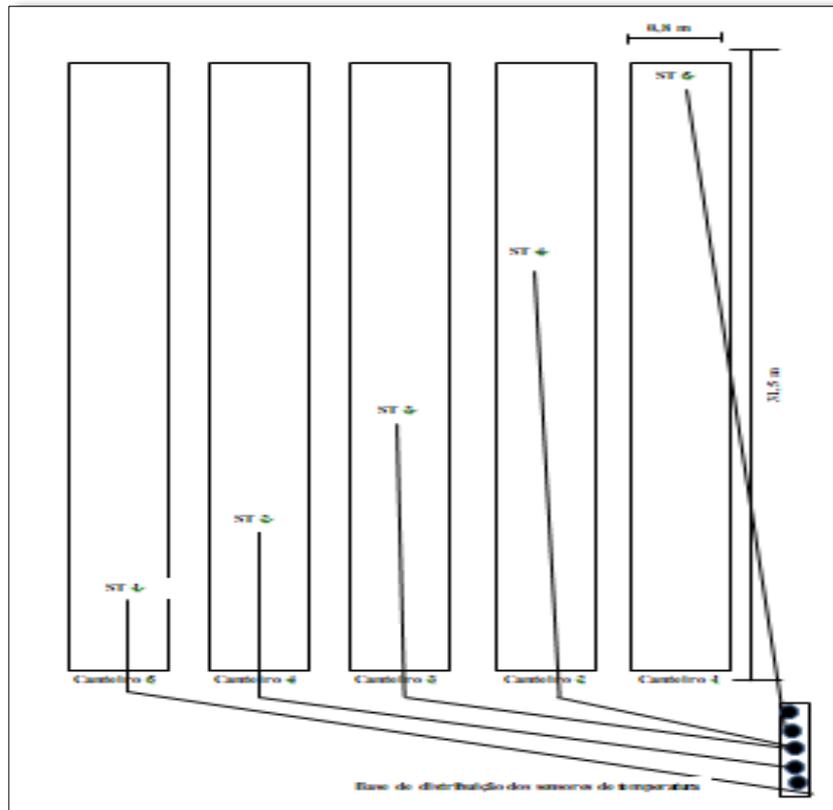
82,5

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A segunda etapa objetiva a distribuição dos sensores de temperatura obedecendo à espacialidade, distância e direção, buscando obtenção das amplitudes de temperatura na maior cobertura de área possível, principalmente por ser o ambiente protegido e com uma alta variação de temperatura.

Na busca para obtenção de resultados dessa variação para chegar à um padrão de temperatura, aliado à umidade do solo, foi necessário construir o sistema inteligente de irrigação no sentido invertido, da direita para esquerda, obedecendo à mesma distância, intervalos e periodicidade (**Figura 34**).

Figura 33 - Esquema da Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal direita para Esquerda.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A distância entre cada sensor é de 5 metros (**Tabela 5**). O tempo dessa etapa de coleta foi de 10 dias, perfazendo 03 coletas diárias, com uma amostra considerável e dentro dos padrões para obtenção dos resultados.

O termômetro digital DS18B20, já mencionado anteriormente, foi distribuído e instalado como nos mostra a **Figura 35**.

Figura 34 – Sensores de Temperatura instalados nos canteiros.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Tabela 5 – Quantidade Jumper (Fio) para Montagem dos Sensores de Temperatura Sentido Transversal Direita para Esquerda.

Canteiro	Sensor (TS)	Distância (M)	Total (M)
1	1	6,5	16,5
2	2	11,5	21,5
3	3	16,5	26,5
4	4	21,5	31,5
5	5	26,5	36,5
Total Geral			132,5

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

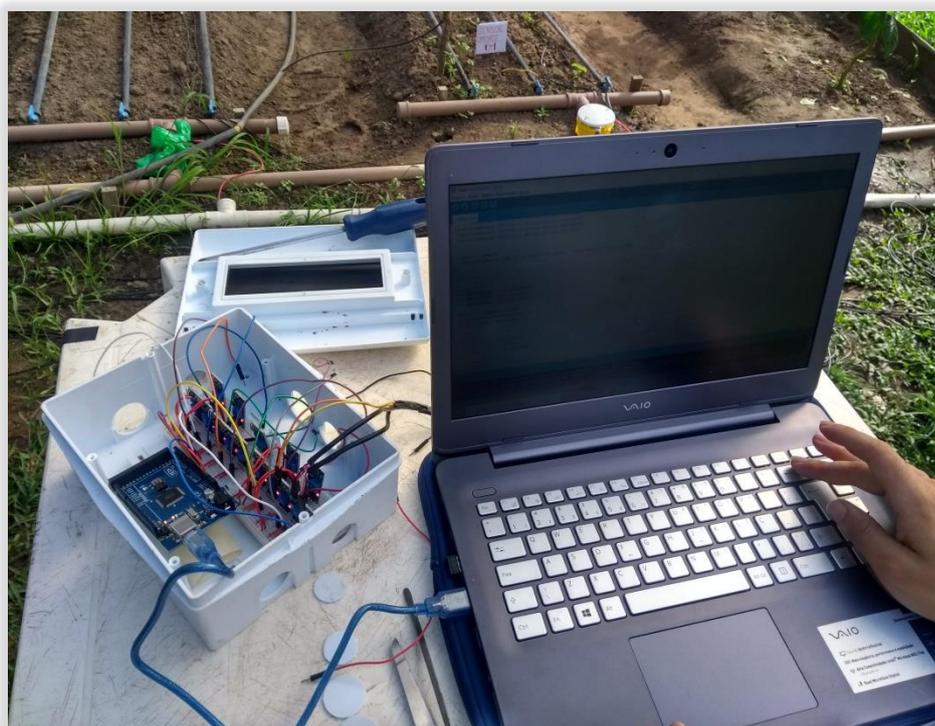
A manipulação do solo, a irrigação e o uso de ambientes parcialmente protegidos são algumas das técnicas utilizadas com a finalidade de alterar o microclima de um local, proporcionando melhores condições para a produção (PEREIRA et al., 2007, p. 125).

O crescimento e produção das culturas são afetados tanto pelo microclima criado pela comunidade vegetal, quanto pelas condições climáticas que predominam na área. As trocas de elementos constituintes da atmosfera entre as plantas e o ar, dependem das condições climáticas, mais precisamente das condições predominantes do microclima (SENTELHAS et al., 1993, p. 28).

O uso coordenado e integrado de ferramentas de auxílio ao manejo de irrigação, como é o caso do microcontrolador Arduino e de um sistema de apoio à decisão para alocação de água de forma justa, participativa e consensual entre os usuários – produtores e produtoras rurais de base agrícola familiar – com certeza contribuirá para o manejo e gestão eficiente dos recursos hídricos.

Para a automação do sistema de irrigação foram utilizados o microcontrolador Arduino Mega 2560, válvula solenoide, fonte de energia e linguagem de programação e jumpers (fios) para fazer as conexões, como é demonstrado na **Figura 36**.

Figura 35 – Instalação do microcontrolador Arduino Mega 2560.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020)

Após a configuração do código no computador na janela Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) (**Figura 37**) e do *download* realizado para o microprocessador do Arduino, este passa a fazer as leituras dos sinais elétricos analógicos dos sensores de umidade de solo e temperatura empregados nesse protótipo.

Figura 36 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado para Inserir Códigos no Arduino e Outras Funções que têm na Barra de Ferramentas.



```
excel | Arduino 1.8.10
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

excel

// CÓDIGO PARA LER DADOS DA UMIDADE E GRAVAR NO EXCEL
// OBS: PRECISA ABRIR O EXCEL PRIMEIRO

#define entradaDigital 7
#define entradaAnalogica 0

int linha = 0 ;          // variável que se refere como linhas do excel
int LABEL = 1 ;
bool dSensor;
int aSensor;

void setup ( ) {
  Serial.begin ( 9600 ) ;          // inicialização da comunicação serial
  //Serial.println ( "CLEARDATA" ) ; // Redefinir da série serial
  Serial.println ( "LABEL, Hora, umidade, digital, linha" ) ; // Nomeia como colunas
  pinMode(entradaDigital, INPUT);
}

void loop ( ) {

  dSensor = digitalRead(entradaDigital); // faz a leitura e guarda o valor
  aSensor = analogRead(entradaAnalogica); // faz a leitura e guarda o valor

  linha++; // incrementa a linha do excel para a leitura da linha de linha em linha

  Serial.print ("DATA, TIME"); // inicia a impressão de dados, sempre iniciando
  Serial.print (" ");
  Serial.print (aSensor);
  Serial.print (" ");
```

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020)

Um dos principais fatores que influenciam diretamente na eficiência do produto final é a sua precisão no que diz respeito à irrigação. Para isso, se faz necessário um meio de identificar qual o padrão de irrigação ideal ao ambiente onde o produto será implantado.

Por meio de sensores, é possível medir e identificar quais são os valores ideais para determinada variável, como a umidade.

O processo de coleta de dados consistiu em duas etapas:

Primeira etapa – A montagem do equipamento com os sensores, que se caracteriza primeiramente pela presença de sensores de umidade de solo implantados no ambiente, ligados à uma placa Arduino; e pela criação do algoritmo para a leitura e armazenamento desses dados.

Segunda etapa – Por meio da placa Arduino é possível interpretar as informações vindas dos sensores e armazená-las em uma planilha *Excel*, por intermédio de um algoritmo embarcado

na própria placa. A **Figura 38** mostra como é possível fazer a leitura dos algoritmos embarcados.

Figura 37 – Algoritmo embarcado no Arduino.

```
#define entradaDigital 52
#define entradaAnalagoica 0

int linha = 0 ;           // variável que se refere como linhas do excel
int LABEL = 1 ;
bool dSensor;           // variável que armazena os dados da porta digital
int aSensor;           // variável que armazena os dados da porta analógica

void setup ( ) {
  Serial.begin ( 9600 ) ;           // inicialização da comunicação serial
  Serial.println ( "CLEARDATA" ) ;
  Serial.println ( "LABEL, Hora, umidade, digital, linha" ) ; // Nomeia as colunas
  pinMode(entradaDigital, INPUT);
}

void loop ( ) {

  dSensor = digitalRead(entradaDigital); // faz a leitura e guarda o valor digital
  aSensor = analogRead(entradaAnalagoica); // faz a leitura e guarda o valor analógico

  linha++; // incrementa uma linha do excel para a leitura da linha de linha em linha

  Serial.print ("DATA, TIME"); // inicia a impressão de dados
  Serial.print (aSensor);
  Serial.print (dSensor);
  Serial.print (",");
  Serial.println (linha);

  if (linha > 10000) // laço para limitar a quantidade de dados
  {
    linha = 0 ;
    Serial.println ( "ROW, SET, 2" ) ; // alimenta as linhas com os dados
  }
  delay ( 300000 ) ; // espera 5 minutos para a próxima leitura
}
```

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Os dados coletados pelos sensores, após serem armazenados na planilha *Excel*, foram transformados em padrões e regras significativas por intermédio da mineração de dados. A mineração de dados, por sua vez, define o processo automatizado de captura e análise de grandes conjuntos de dados para extrair um significado, sendo usado tanto para descrever características do passado como para prever tendências para o futuro (CORREA et al, 2003, p. 19).

Segundo Boschi et al (2011, p. 1189), a escolha das técnicas de mineração de dados apresenta-se como uma alternativa promissora, uma vez que essas técnicas podem ser usadas para transformar dados em informações e conhecimentos que irão subsidiar decisões relativas ao planejamento agrícola.

A questão a ser respondida após a coleta e mineração dos dados diz respeito à identificação de qual será o melhor momento para irrigar ou não o solo.

Entre as várias técnicas de mineração de dados, os algoritmos de árvores de decisão são utilizados para classificação e predição das amostras desconhecidas por meio de aprendizado de máquina, ou seja, com base em registros conhecidos, cria-se um conjunto de treinamento através do qual uma árvore de decisão é montada (CRIVELENTI et al., 2009, p. 1710).

Para realizar a tarefa de mineração de dados e geração da árvore de decisão, foi utilizada a ferramenta *Weka*, que é capaz de desenvolver algoritmos e técnicas que tornam possível à um sistema “aprender” e funcionar sozinho, sem auxílio humano, implicando num sistema inteligente. Esse sistema pode ser mais bem compreendido por pseudo-algoritmo, gerado com base na árvore de decisão. O pseudo-algoritmo é responsável por determinar qual condição é a ideal para a irrigação do solo com base na sua umidade. Um exemplo de pseudo-algoritmo para a irrigação pode ser observado na **Figura 39**.

Figura 38 – Pseudo-Algoritmo

```
Pseudo-algoritmo de Irrigação do solo

Entrada: Leitura do sensor de umidade
Saída: Ligar ou desligar sistema de irrigação

Inicialize Leitura(umidade)
  Se umidade < 45
    Faça LigarSolenóide
  Se não
    Faça DesligarSolenóide
Fim algoritmo
```

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Para o controle da irrigação, uma válvula solenoide foi conectada ao SSR, que receberá um sinal analógico, liberando o fluxo de água. Sendo assim, haverá o controle potencial pré-estabelecido de água no solo de acordo com a necessidade da cultura, pois o sinal analógico possui um sensor capaz de identificar a entrada de água até o momento em que este atingir o valor da capacidade correspondente

O valor obtido pelo padrão em % de umidade se encontrará entre a Capacidade de Campo (CC) e Ponto de Murcha da Planta (PMP) que a quantidade de água que o solo consegue reter e disponibilizar para as plantas (**Figura 40**).

Figura 39 – Válvula de Solenoide Conectada ao Relé de Estado Sólido - SSR.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Como se trata de ambiente protegido, foi estabelecido um valor de referência para cultura com o intuito do efetivo manejo de irrigação, obedecendo ao recomendado segundo a literatura.

Relacionado à cultura da alface, isso significa que quando a cultura utilizar 25 a 30% da água que está disponível no solo é o momento de fazer uma nova irrigação, essa condição garante o máximo potencial produtivo da cultura. (MAROUELLI, et. al., 2008, p. 30).

3. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ANINGA

Há a necessidade de investimentos inteligentes para gestão hídrica e manejo da irrigação, seja através da disseminação de técnicas simples para captação, armazenamento e distribuição de água, ou através da promoção de novas tecnologias que incentivem a gestão democrática e favoreçam o diálogo para se alcançar uma distribuição cada vez mais justa da água entre os usuários. Neste caso, a tecnologia em questão é atrelada à irrigação.

A presente pesquisa objetiva contribuir para o desenvolvimento de um sistema inteligente de irrigação denominado Aninga (**Figura 41**), com a utilização dos métodos de gotejamento, ensejando uma menor perda por evaporação do solo, por deriva pelo vento, percolação profunda e por escoamento superficial, melhorando a eficiência quanto à gestão do uso do recurso hídrico reduzindo custos com energia elétrica, mão de obra e manutenção dos equipamentos, aumentando, assim, a produção.

Figura 41 Logo de apresentação do Sistema de Irrigação Aninga



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

3.1. Funcionalidade

O sistema de irrigação Aninga foi proposto visando um baixo investimento e desperdício de água por agricultores do município de Parintins/AM. O projeto piloto

apresentado neste trabalho foi desenvolvido com o objetivo de compreender as variáveis de umidade e temperatura em uma plantação de alfaces, no interior do Amazonas, sendo possível identificar padrões e aplicá-los em um sistema eficiente de irrigação.

Com o objetivo de analisar as informações lidas pelos sensores, foi realizada a leitura de dados de umidade e temperatura, utilizando o *software Excel* por meio da leitura da porta serial do microcontrolador Arduino conectada ao *notebook*. O código embarcado no microcontrolador Arduino efetuou a leitura de dados descritos nos sensores, e gerou, de forma automática no formato de planilhas de *Excel*, dados com a hora de coleta, nome do sensor e valor (umidade/temperatura), conforme mostra o **Quadro 7**.

Quadro 7 – Dados recorrentes hora, nome do sensor e valor umidade/temperatura.

Hora	Sensor	Umidade/Temp
10:50:30 AM	Tempe 1	31
10:50:30 AM	Temp 2	32
10:50:30 AM	Temp 3	32
10:50:30 AM	Temp 4	32
10:50:30 AM	Temp 5	31
10:50:35 AM	Sensor 10	440
10:50:35 AM	Sensor 11	434
10:50:35 AM	Sensor 12	433
10:50:35 AM	Sensor 13	490
10:50:35 AM	Sensor 14	419
10:50:35 AM	Sensor 15	433

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

O valor apresentado na coluna “Umidade/Temp” é referente à leitura dos sensores instalados nos canteiros. A umidade pode variar de 0 a 1024 (leitura analógica) e a temperatura de -55°C a 125°C (limites de temperatura do sensor Dallas DS18B20).

O intervalo entre a leitura de dados foi estipulado em 05 segundos, uma vez que a coleta de dados ocorria paralelamente à leitura de dados dos sensores para funcionamento do sistema de irrigação, visando ativar ou desativar a válvula de solenoide assim que fosse detectado que o solo estava úmido.

No **Quadro 8**, estão os dados coletados pela parte da manhã, sendo iniciado geralmente às 08:00 horas e terminando às 10:00 horas. Nas leituras iniciais, começamos a observar que as variações de umidade e temperatura iniciavam geralmente a partir das 09:00 horas.

Quadro 8 – Planilha *Excel* de coleta de dados - Manhã.

HORA	SENSOR	UMIDADE/TEMP
AM	Temp 1	
AM	Temp 2	
AM	Temp 3	
AM	Temp 4	
AM	Temp 5	
AM	Sensor 10	
AM	Sensor 11	
AM	Sensor 12	
AM	Sensor 13	
AM	Sensor 14	
AM	Sensor 15	

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

No período da tarde, ocorreram as principais variações de umidade e temperatura. O horário de coleta foi das 14:00 às 16:00 horas.

O ambiente protegido tem a particularidade de apresentar, em proporções menores, uma amostragem do efeito estufa. Nesse sentido, a sensação térmica é mais acentuada do que nas condições de campo.

O estudo que realizamos nos permitiu perceber como é necessário o desenvolvimento de um sistema de irrigação por gotejamento em ambiente protegido que possua essa funcionalidade de ser acionado nas condições em que mais as plantas estão precisando, por conta da perda da umidade ocasionada pela oscilação da temperatura.

Quadro 9 – Planilha *Excel* de coleta de dados - Tarde.

Hora	Sensor	Umidade/Temp
AM	Temp 1	
AM	Temp 2	
AM	Temp 3	
AM	Temp 4	
AM	Temp 5	
AM	Sensor 10	

AM	Sensor 11
AM	Sensor 12
AM	Sensor 13
AM	Sensor 14
AM	Sensor 15

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

No período da noite, a coleta iniciava às 19:00 e terminava às 21:00 horas, com pouca oscilação tanto da umidade e, principalmente, da temperatura.

A coleta dos dados em diferentes horários e no decorrer do dia teve como importante objetivo analisarmos como a variação da temperatura poderia influenciar na umidade, e de que forma o sistema de irrigação se comportaria ao longo do período da coleta.

Quadro 10 – Planilha *Excel* de coleta de dados - Noite.

Hora	Sensor	Umidade/Temp
AM	Temp 1	
AM	Temp 2	
AM	Temp 3	
AM	Temp 4	
AM	Temp 5	
AM	Sensor 10	
AM	Sensor 11	
AM	Sensor 12	
AM	Sensor 13	
AM	Sensor 14	
AM	Sensor 15	

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

3.2. Interpretação de dados

A leitura da umidade ocorria por meio de sinal analógico, que varia de 0 a 1024, sendo adotado como padrão, a princípio, 0 (Zero) para solo totalmente seco e 1024 para solo totalmente úmido. Porém, durante a coleta dos dados foi observado que o sensor não chegava aos dois valores extremos, variando entre 150 e 700, devido às características específicas do sensor, pois o seu funcionamento ocorre por meio da resistência entre suas hastes e a condutividade do solo, ou seja, as hastes conduzem a corrente elétrica pelo solo, fazendo a leitura de umidade por comparação com a resistência, uma vez que a água diminui a resistência e o solo seco conduz com mais dificuldade, mas sempre havendo resistência. Com isso, não poderia ser adotado como padrão para acionar o sistema de irrigação um valor de 100% (1024).

Primeiramente, visando identificar a leitura dos sensores de umidade do solo sem o solo estar irrigado, foi realizada uma coleta de dados nos dias 27, 28 e 29 de outubro de 2019, onde foi identificada uma umidade média de 225,37 ou 22%.

Com base nessas informações, por meio da leitura dos sensores e toque no solo, foi estipulado um valor de umidade ideal que varia de 38% a 50%, sendo a umidade máxima (solo encharcado) em percentagem durante a coleta de 70%.

Através desses dados, o algoritmo base foi desenvolvido, adotando o valor de 38% para acionamento do sistema de irrigação, ou seja, quando o sensor identificar um valor de umidade abaixo de 38%, irá acionar o sistema e irrigar o solo.

No acompanhamento da coleta dos dados, observamos o sistema de irrigação inteligente, que foi acionado pela parte da manhã, tarde e noite. Essa observação ocorreu nos dias 13 e 14 de julho, sendo que os primeiros sistemas acionados eram os dos canteiros 3 e 4, e, posteriormente, os canteiros 1, 2 e 5 respectivamente. O período de maior incidência foi pela parte da tarde, com três acionamentos no dia 13, e à noite, com menos incidência no dia 14 (**Figura 42**).

Figura 40 – Acionamento dos sistemas de irrigação no período diurno e noturno.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Explicação sobre dados incompatíveis: Durante o período de instalação dos sensores e primeiros testes até a data final da coleta de dados, houve algumas inconsistências nas leituras pelos sensores, principalmente na etapa final da coleta, onde os sensores apresentaram valores extremamente altos, incompatíveis com o estado do solo, conforme mostra o **Quadro 11**.

Quadro 11 – Erros de leitura dos Sensores

Hora	Sensor	Umidade/Temp
8:30:31 AM	Sensor 10	556
8:30:31 AM	Sensor 11	940
8:30:31 AM	Sensor 12	618
8:30:31 AM	Sensor 13	615
8:30:31 AM	Sensor 14	1023
8:30:31 AM	Sensor 15	454

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Por meio dessa observação, constatou-se que, mesmo após a retirada dos sensores do solo, os valores altos permaneciam, o que nos levou a concluir que esses valores altos correspondiam a desconexão do sensor e/ou falha na leitura.

Após a retirada dos sensores que estavam apresentando falhas na leitura, observou-se que suas hastes estavam corroídas e desgastadas, o que trouxe a conclusão de que isso interferiu em suas leituras, uma vez que a corrosão dificultava a comparação de resistência entre as hastes. Foi identificado, também, que os primeiros sensores a apresentarem falhas foram os primeiros a serem instalados nos canteiros, sendo então o tempo de uso um fator de desgaste e corrosão, devido ao tipo do material e à terra (**Figura 43**).

Figura 41 – Sensor Corroído



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Devido às apresentações de falhas, a coleta de dados acabou sendo comprometida, pois as leituras incorretas atrapalhavam na interpretação dos dados, principalmente na média.

Para evitar que essas leituras influenciassem na interpretação de dados, foi utilizada a seguinte fórmula no *Excel*, a fim de remover os dados incorretos (**Figura 44**).

Figura 42 – Fórmula do *Excel* para remoção de dados incompletos.

```
=SE(C2:C3376>=150;SE(C2:C3376<=750;C2:C3376;0);0)
```

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Tal fórmula faz a verificação da coluna de temperatura e umidade e exclui os dados menores que 150 e maiores que 750, mantendo somente os dados que estão no intervalo analisado nas primeiras coletas.

3.3. Resultados da análise dos dados

Após a remoção dos dados inconsistentes, foi utilizado o próprio *Excel* para análise dos dados, por meio da ferramenta Análise de Dados, presente no próprio programa. Por meio da estatística descritiva da ferramenta, foi possível calcular a média, moda, mediana, máximo e mínimo de cada horário e dia das coletas, com grau de confiança de 95%.

O **Quadro 12** apresenta a estatística descritiva gerada dos dados de umidade do dia 7 pela manhã.

Quadro 12 – Estatística descritiva dos dados de umidade

UMIDADE	
Média	335,99
Erro padrão	1,93
Mediana	377
Modo	229
Desvio padrão	77,34
Variância da amostra	5.981,78
Curtose	-1,48
Assimetria	-0,46
Intervalo	268
Mínimo	209
Máximo	477
Soma	536.906,00
Contagem	1598
Maior (2)	468
Menor (2)	209
Nível de confiança (95,0%)	3,79

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A **Figura 45** apresenta a descrição dos dados obtidos, hora de início e fim, duração, data com dia mês e ano, valor estatístico com máxima, mínima, moda, mediana e média hora e grupo. Os grupos estão divididos em:

Grupo 1- Canteiros 1, 2 e 3.

Grupo 2-Canteiros 4 e 5.

Vale ressaltar que os dados de temperatura só eram coletados quando o segundo microcontrolador Arduino era ligado ao *notebook*. Por esse motivo, os dados de temperatura só estão apresentados no Grupo 2, devido ao fato do segundo Arduino ser responsável pela coleta desse grupo e das temperaturas. Porém, as temperaturas coletadas dizem respeito aos dois grupos de canteiros, Grupos 1 e 2, conforme mostra o **Quadro 13**, que contém as informações com a estrutura para análise dos dados.

Figura 43 – Descrição dos dados obtidos, hora de início e fim, duração, data com dia mês e ano, valor estatístico com máxima, mínima, moda, mediana e média hora e grupo.

Início	Fim	Duração	Data	Máximo	Mínimo	Moda	Mediana	Média	Grupo	Qty Dados	Temperatura (Média)	Máximo	Mínimo
17:11:41	17:26:47	00:15:06	03/07/2020	641	308	555	532	516,59	Grupo Geral	254			
16:37:29	17:02:28	00:24:59	04/07/2020	573	262	502	478,5	466,30	Grupo Geral	1487			
09:25:55	10:19:32	00:53:37	07/07/2020	477	209	229	377	335,99	Grupo 1	1598			
10:50:35	11:02:14	00:11:39	07/07/2020	490	416	429	433	440,05	Grupo 2	284	31,6	32	31
17:44:53	18:21:08	00:36:15	07/07/2020	661	218	417	331	353,45	Grupo 1	3566			
18:33:08	19:35:49	01:02:41	07/07/2020	568	387	535	480	488,99	Grupo 2	10987	24,61	26	24
09:05:08	09:45:51	00:40:43	08/07/2020	738	150	413	374	347,24	Grupo 1	1414			
09:48:15	10:04:23	00:16:08	08/07/2020	750	153	417	388	359,51	Grupo 1	1496			
10:07:20	11:04:12	00:56:52	08/07/2020	566	446	497	508	508,56	Grupo 2	6739	31,19	36	29
14:05:48	15:02:37	00:56:49	08/07/2020	554	423	489	499	497,93	Grupo 2	11855	34,45	37	32
15:04:42	16:00:02	00:55:20	08/07/2020	501	150	361	327	313,62	Grupo 1	4785			
19:32:30	20:32:26	00:59:56	08/07/2020	750	176	375	375	375,39	Grupo 1	2988			
20:34:21	21:32:17	00:57:56	08/07/2020	581	448	501	512	517,36	Grupo 2	7086	24,47	25	23
08:22:35	09:24:30	01:01:55	09/07/2020	585	439	502	516	519,39	Grupo 2	7809	31,13	33	29
09:27:23	10:24:18	00:56:55	09/07/2020	689	226	261	375	380,54	Grupo 1	1429			
13:59:37	15:04:22	01:04:45	09/07/2020	574	432	513	506	505,89	Grupo 2	14256	31,67	37	26
15:04:42	16:00:02	00:55:20	09/07/2020	501	150	361	327	313,62	Grupo 1	4785			
15:35:38	16:10:41	00:35:03	09/07/2020	538	273	392	385	375,82	Grupo 1	3240			
20:22:38	20:48:33	00:25:55	09/07/2020	451	267	412	375	369,16	Grupo 1	1728			
09:46:18	10:48:05	01:01:47	10/07/2020	750	414	505	512	526,86	Grupo 2	4869	33,197	36	31
10:54:46	11:51:08	00:56:22	10/07/2020	638	348	359	383	408,95	Grupo 1	1407			
14:31:50	15:03:09	00:31:19	10/07/2020	626	432	623	527	532,13	Grupo 2	3828	31,38	36	29
15:08:54	16:09:33	01:00:39	10/07/2020	750	295	357	355	386,46	Grupo 1	3295			
19:31:48	20:32:57	01:01:09	10/07/2020	724	475	718	668	623,28	Grupo 2	1625	25,62	26	25
20:38:02	21:40:30	01:02:28	10/07/2020	506	325	336	366	378,32	Grupo 1	1393			
08:58:19	10:01:51	01:03:32	11/07/2020	735	480	634	623	599,81	Grupo 2	1593	29,49	33	29
10:07:05	10:32:15	00:25:10	11/07/2020	513	318	337	376	387,27	Grupo 1	1240			
14:20:27	15:32:41	01:12:14	11/07/2020	749	489	617	569	582,09	Grupo 2	1774	24,52	28	23
15:37:14	16:33:53	00:56:39	11/07/2020	508	334	339	393	403,25	Grupo 1	1281			
19:00:40	20:04:03	01:03:23	11/07/2020	640	473	525	560	565,14	Grupo 2	1660	23,6	24	23
20:10:26	21:06:33	00:56:07	11/07/2020	743	305	463	460	472,45	Grupo 1	1286			
09:43:56	09:51:15	00:07:19	12/07/2020	745	463	651	607	611,79	Grupo 2	750	33,08	35	31
14:07:36	15:07:40	01:00:04	12/07/2020	724	481	579	560	556,17	Grupo 2	5996	33,01	36	30
15:11:37	16:12:01	01:00:24	12/07/2020	748	282	715	528	520,66	Grupo 1	1436			
19:23:52	20:23:26	00:59:34	12/07/2020	749	440	456	611	582,57	Grupo 2	11254	25,61	27	25
20:29:44	21:23:05	00:53:21	12/07/2020	749	296	621	445	476,6	Grupo 1	3600			

Fonte: Albuquerque, E. S. (2020).

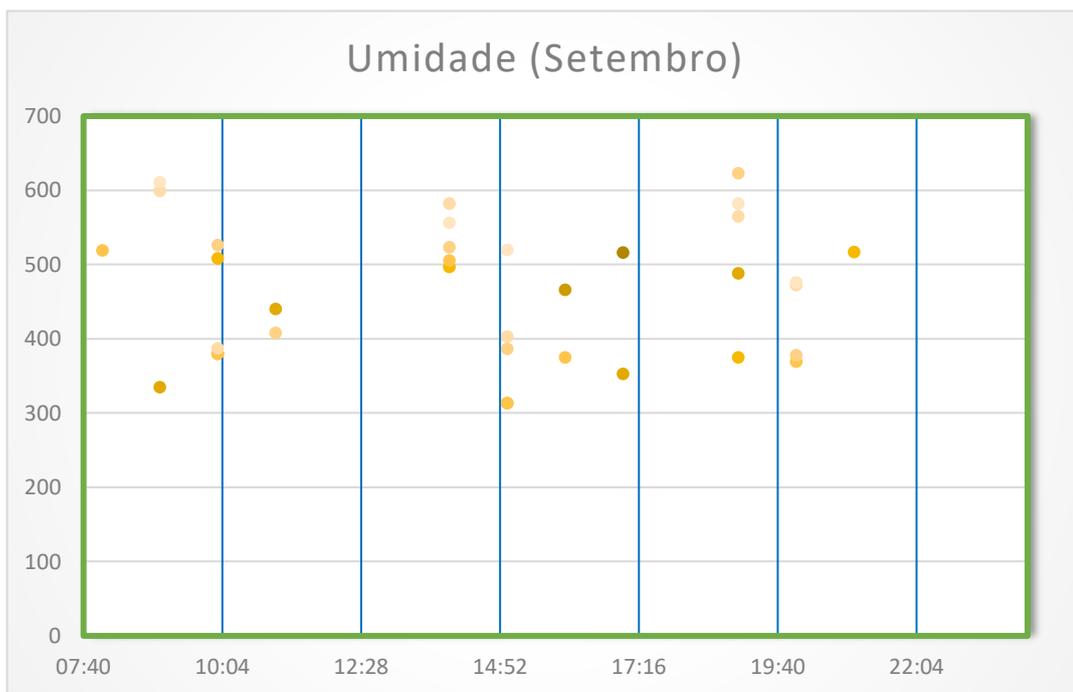
Quadro 13 – Estrutura para análise de dados.

GRUPO	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO	DATA	MÁXIMO	MÍNIMO	MODA	MEDIANA	MÉDIA	QTD DADOS	TEMP. MÉDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
Grupo Geral	17:11:41	17:26:47	00:15:06	03/07/2020	641	308	555	532	516,59	254			
Grupo Geral	16:37:29	17:02:28	00:24:59	04/07/2020	573	262	502	478,5	466,30	1487			
Grupo 1	09:25:55	10:19:32	00:53:37	07/07/2020	477	209	229	377	335,99	1598			
Grupo 2	10:50:35	11:02:14	00:11:39	07/07/2020	490	416	429	433	440,05	284	31,6	32	31
Grupo 1	17:44:53	18:21:08	00:36:15	07/07/2020	661	218	417	331	353,45	3566			
Grupo 2	18:33:08	19:35:49	01:02:41	07/07/2020	568	387	535	480	488,99	10987	24,61	26	24

Fonte: Albuquerque, E. S. (2020).

Como também foram coletados os horários de início e fim da leitura, foi possível relacionar a hora com o valor da umidade e identificar que os maiores picos de umidade se concentraram entre os horários das 09:00, 14:00 e 19:00, e as umidades mais baixas entre os horários 09:00, 15:00 e 17:00, conforme mostra a **Figura 46**.

Figura 44 – Estrutura para análise dos dados



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

No **Quadro 14**, pode ser observado, de uma maneira mais detalhada, a relação umidade X hora e suas respectivas datas de ocorrência.

Quadro 14 – Relação Hora x Umidade detalhada.

HORA	03/07/2020	04/07/2020	07/07/2020	08/07/2020	09/07/2020	10/07/2020	11/07/2020	12/07/2020
08:00					519			
09:00			335				599	611
10:00			380	508	380	526	387	
11:00			440			408		
12:00								
13:00								
14:00				497	505	523	582	556
15:00				313	313	386	403	520
16:00		466			375			
17:00	516		353					
18:00								
19:00			488	375		623	565	582
20:00					369	378	472	476
21:00				517				
22:00								

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Como a relação da temperatura influencia na umidade do solo, foi identificado no dia 08/07/2020 o maior dado em relação à temperatura, de acordo com o informado no **Quadro 15**:

Quadro 15 – Temperatura influenciar na umidade do solo

Horário da Coleta dos Dados: 14:05:48 às 16:00:02

Temperatura Média: 34,45° C
Temperatura Máxima: 37° C
Temperatura Mínima: 32° C
Umidade Média: 405,78 ou 39,62%
Umidade Máxima (Úmido): 554 ou 54.10%
Umidade Mínima (Seco): 150 ou 14.64%

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A partir dos dados observados, pode-se constatar que a temperatura média de 39,62% ficou acima apenas 1,62% da estipulada como base para umidade ideal (38%), podendo a temperatura elevada ter influenciado na umidade do solo, fazendo com que o sistema de irrigação conseguisse apenas manter a umidade um pouco acima da ideal, fato que pode ser analisado na **Figura 47**. Considerou-se o momento certo para acionar o sistema em dias mais quentes, mesmo a umidade estando acima da base (38%).

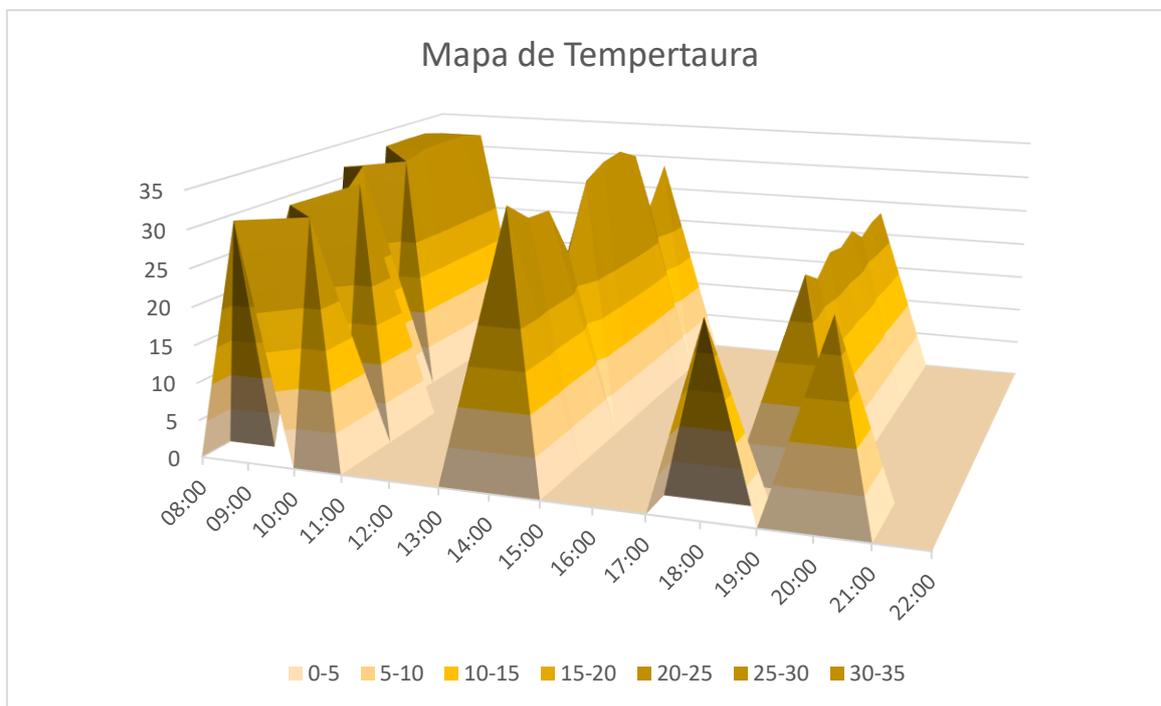
Figura 47 – Relação Hora X Temperatura

Hora	07/07/2020	08/07/2020	09/07/2020	10/07/2020	11/07/2020	12/07/2020	13/07/2020	14/07/2020	15/07/2020	16/07/2020	17/07/2020	18/07/2020
08:00							▲ 31,54		▲ 32,64	▲ 32,74	▲ 32,74	▲ 31,84
09:00	▲ 31,6		▬ 31,13		▬ 29,49	▲ 33,08		▲ 31,68	▲ 32,64	▲ 32,74	▲ 32,74	▲ 31,84
10:00		▬ 31,19		▲ 33,197								
11:00												
12:00												
13:00												
14:00		▲ 34,45	▲ 31,67	▲ 31,38	▼ 24,52	▲ 33,01	▲ 34,51	▲ 34,93	▲ 33,28	▼ 24,68	▬ 29,77	
15:00												
16:00												
17:00												
18:00	▼ 24,61											
19:00				▼ 25,62	▼ 23,6	▼ 25,61	▼ 24,89	▼ 25,80	▼ 23,64	▼ 24,46	▼ 24,60	
20:00		▼ 24,47										
21:00												
22:00												

Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Na **Figura 48**, pode ser observado, de uma maneira mais detalhada, a relação temperatura X hora e suas respectivas datas de ocorrência.

Figura 45 – Mapa da Temperatura.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

3.4. Discussão quanto à influência do vento, da vegetação e da chuva na umidade e na temperatura.

Um dado importante e que precisa ser discutido diz respeito à influência do vento, da vegetação e da chuva na umidade e na temperatura.

Após analisarmos os dados dessas variáveis, constatamos, mesmo não tendo como fazermos verificações por meio de aparelhos ou mesmo sensores, que o vento não teve influência na umidade, no entanto, interferiu na temperatura, principalmente no sensor 1, que ficou localizado no início da casa de vegetação. Vale ressaltar que foi verificado nos dois sentidos em que foram posicionados o sensor, da esquerda para direita e da direita para esquerda.

A temperatura média desse sensor ficava estável em praticamente em todas as medições: na parte da manhã entre 30°, à tarde 31° e à noite 24°. Essa constância deve-se efetivamente ao vento, uma percepção que foi induzida a partir das coletas diárias e pela observação de fatores como: em momentos de vento, esse sensor se mantinha constante, como era inicialmente, e

ficava na entrada do ambiente protegido; logo estava nítido essa influência, diferentemente dos sensores 2, 3 e 4, que oscilavam praticamente durante todo o período da coleta.

O calor gerado pelo efeito estufa do ambiente não dissipava com bastante facilidade, fazendo com que a temperatura dos sensores 2, 3 e 4 – dispostos no meio da casa de vegetação que possuía modelo de cobertura no formato capela, onde a influência do vento não era tão notada – ficasse entre 32° e 35°. O pico máximo foi atingido no dia 14 de julho, às 14:00 h, quando atingiu 34,93 (**Quadro 15**).

Quanto ao sensor de temperatura nº 5, a exemplo do sensor 1, este manteve, durante todo o tempo da coleta, uma constância. Entretanto, nesse caso, a constância não foi mantida por influência do vento, e sim pela presença da vegetação no final da casa de vegetação, especialmente pelo microclima criado nessa área da estrutura da pesquisa (**Figura 49**).

Figura 46 – Vegetação no final da casa de vegetação.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

Quanto à chuva, em nossas observações e pelos dados coletados, percebeu-se que não houve variação da umidade por conta da incidência das chuvas, sendo que estas ocorreram pela parte da tarde, no dia 11 de julho, e de maneira torrencial. Na noite do dia 15 de julho, também choveu, porém, em menor intensidade (**Figura 50**).

Vale ressaltar que essas informações se deram a partir da observação *in loco* e pela coleta dos dados dos sensores de umidade e temperatura, não por meio de aparelhos que pudessem medir a intensidade e a variação das chuvas.

Partindo desse princípio, observamos que houve variação da temperatura nos dias de ocorrência da chuva, tanto no período da tarde, como da noite. A temperatura média no período da tarde do dia 09 estava em torno de 29,49° e oscilou para 24,52°, sendo a menor média durante todos os dias de coleta pela parte do dia (**Figura 47**).

Da mesma forma, na observação do período na noite do dia 15, percebemos que a temperatura estava em 33,28° e, após a chuva, oscilou para 23,64° (**Figura 47**).

Figura 47 – Incidência da chuva na casa de vegetação.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

3.5. Comparação de uso do recurso hídrico entre o sistema de irrigação por aspersão e o sistema de irrigação por gotejamento – Aninga, na casa de vegetação.

No decorrer da realização dos experimentos, e após já termos resultados preliminares do estudo, a fim de verificarmos a eficiência ou não do sistema de irrigação Aninga quando comparado com o sistema de irrigação por aspersão utilizada pelo proprietário, conseguimos evidenciar o gasto do recurso hídrico por cada sistema, especialmente a partir das informações técnicas obtidas pelo fabricante e da pesquisa de campo (**Quadro 16**).

Cada aspersor utiliza 0,5 (meio litro) de água por minuto, utilizando em 01:00 h de funcionamento, 30 litros de água.

Quadro 16 – Consumo individual de Recursos Hídricos do sistema de irrigação por aspersão.

Descrição	Modelo	Unid	Quantidade	Volume/L/MIN	Tempo	Quantidade RH
Aspersão em haste	Micro Aspersor RONDO Ultra - 30LPH	Unid	01	0,5 L/MIN	60'	30

Fonte: Catálogo de Irrigação Amanco. Elaborado por Albuquerque (2020).

Para esse estudo de eficiência, realizamos o cálculo do número de aspersores que seriam necessários para irrigar os cinco canteiros, ao qual totalizou 27 aspersores. Isto posto, foi realizado o cálculo do tempo necessário para irrigar todos os canteiros, chegando em 27' min, tendo em vista que todos os aspersores consumiriam, por minuto, 13,5 litros de água.

O sistema foi acionado e após os 27' min, o equipamento foi desligado, ressaltando que, para esse método de irrigação, foi necessário o acionamento de uma bomba elétrica de 1,5 cv, para que se fornecesse a pressão necessária para o funcionamento dos aspersores. Ao final, foram utilizados 364,5 (trezentos e sessenta e quatro litros e meio) de água para irrigação completa (**Quadro 17**).

Quadro 17 – Consumo total dos Recursos Hídricos do sistema de irrigação por aspersão.

Descrição	Modelo	Unid	Quantidade	Volume/L/MIN	Tempo	Quantidade RH
Aspersão em haste	Micro Aspersor RONDO Ultra - 30LPH	Unid	27	13,5 L/MIN	27'	364,5

Fonte: Catálogo de Irrigação Amanco. Elaborado por Albuquerque (2020).

Após o desligamento do sistema, constatamos como ficaram as plantas (alface) e as condições da casa de vegetação, onde foi percebido que os canteiros ficaram encharcados, especialmente os espaços entre estes. A umidade e o processo de encharcamento são condições ideais para o surgimento de doenças e o comprometimento do cultivo de hortaliças, principalmente as folhosas, que não são resistentes à essas condições.

De um modo geral, como essa pesquisa tem como premissa a gestão e regulação dos recursos hídricos, constatamos, em linhas gerais o desperdício do recurso hídrico, principalmente pelo fato da irrigação por aspersão não ser localizada, irrigando os espaços entre os canteiros e demais áreas da casa de vegetação que não tem cultivo (**Figura 51**).

Figura 48 – Condições da casa de vegetação, com os canteiros encharcados e os espaços entre estes.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

O mesmo procedimento foi adotado quanto ao sistema de irrigação Aninga por gotejamento. Realizamos os estudos com o cálculo do uso do recurso hídrico e, neste caso, a avaliação foi feita por metro, conforme o fabricante (**Quadro 18**).

Cada metro da fita de gotejamento utiliza 0,027 litro de água por minuto, utilizando em 01:00 h de funcionamento, 1,62 litros de água.

Quadro 18 – Consumo individual por metro linear de Recursos Hídricos do sistema de irrigação por gotejamento.

Descrição	Modelo	Unid	Quantidade (M)	Volume/L/MIN	Tempo (MIN)	Quantidade/L (RH)
Fita gotejadora	Gotejador Pastilha – Plano ou Flat	Metro	01	0,027 L/MIN	60	1,62

Fonte: Catálogo de Irrigação Amanco. Elaborado por Albuquerque (2020).

Com o objetivo de verificarmos a eficiência do sistema de irrigação Aninga, foi realizado o cálculo da quantidade de fitas de gotejamento que seriam necessárias para irrigar os cinco canteiros, sendo um total de 472,5 metros. Neste sentido, após o cálculo do tempo necessário para irrigar todos os canteiros, uma vez que já havíamos acionado o sistema

anteriormente levando em consideração a umidade, chegamos à um tempo de 6,5' min, sendo que o consumo do recurso hídrico totalizou em 12, 75 litros de água.

O sistema foi acionado e, após os 6,5'min, houve o desligamento automático. Informamos que já estava sendo operado o sistema inteligente de irrigação Aninga. Ao final, foram utilizados 82,875 litros de água para irrigação completa de todos os canteiros (Quadro 19).

Quadro 19 – Consumo total dos Recursos Hídricos do sistema de irrigação por gotejamento Aninga

Descrição	Modelo	Unid	Quantidade (M)	Volume/L/MIN	Tempo (MIN)	Quantidade/L (RH)
Fita gotejadora	Gotejador Pastilha – Plano ou Flat	Metro	472,5	12,75 L/MIN	6,5	82,875

Fonte: Catálogo de Irrigação Amanco. Elaborado por Albuquerque (2020).

Após o desligamento do sistema, constatamos como ficaram as condições do ambiente da casa de vegetação, onde todos os canteiros estavam dentro dos padrões técnicos para uma casa de vegetação, com a umidade correta e sem encharcamento dos canteiros e dos espaços entre estes. Esse é o ambiente com condições favoráveis para o desenvolvimento e crescimento das hortaliças (**Figura 52**).

Figura 52 – Condições da casa de vegetação, após o acionamento do sistema de Irrigação Aninga.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

A eficiência do sistema de irrigação Aninga ficou comprovada, principalmente ao levarmos em consideração a gestão e regulação dos recursos hídricos, que sistematicamente propõe a redução do desperdício do recurso hídrico.

Ao compararmos o uso dos recursos hídricos no sistema de irrigação por aspersão, que consumiu em torno de 364,5 litros, e no sistema de irrigação Aninga, que consumiu 82, 875 litros, temos uma redução do consumo na ordem de 281,625 litros, acrescentando a redução dos gastos com mão de obra, consumo de energia e depreciação do equipamento.

Ainda no campo da funcionalidade do Sistema de Irrigação Aninga, é importante discutirmos sobre a importância do uso da energia elétrica, principalmente devido ao sistema necessitar da corrente elétrica para o seu bom funcionamento.

Sabemos que, nas condições amazônicas, não existe sistema de energia elétrica em todas as localidades, especialmente as mais distantes dos centros urbanos e das comunidades rurais. Como o objetivo do produto é auxiliar no uso da irrigação para agricultores e agricultoras familiares, é necessária a criação de estratégias para que essa situação não seja um fator limitante na difusão dessa tecnologia.

Uma dessas estratégias é a energia solar, que embora possua o custo inicial de implantação um pouco elevado, no decorrer do uso e devido ao fator de ser uma energia renovável, com o tempo torna-se uma alternativa viável. Neste sentido, propomos a criação de uma política pública para a implantação de painéis de energia solar nas localidades onde não se possui a energia elétrica fornecida pela distribuidora, mas também para ser usado como fonte permanente para o funcionamento do Sistema de Irrigação Aninga.

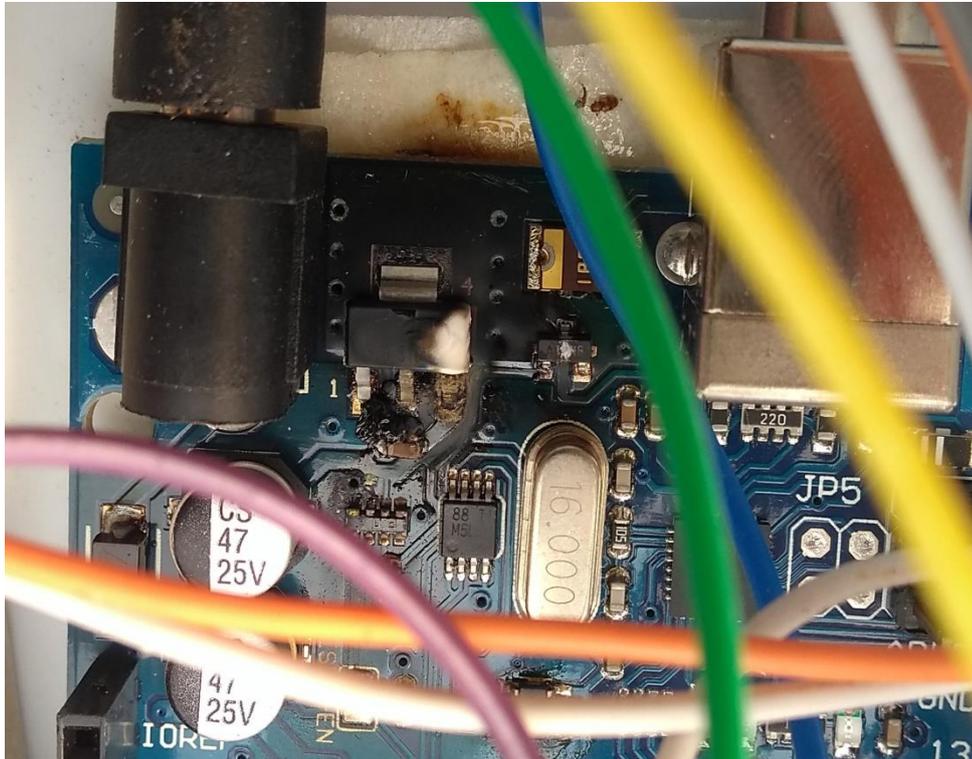
Como informação para corroborar a necessidade do uso da energia solar no sistema, após a conclusão da coleta dos dados da pesquisa no dia 18 de julho, continuamos analisando o funcionamento do Sistema de Irrigação Aninga, sendo que entre os dias 06 e 09 de agosto, ficamos três dias sem o fornecimento de energia devido a um problema de distribuição da concessionária.

No dia 27 de agosto, observamos que o Arduino parou de funcionar. Procuramos observar o que poderia ter ocasionado essa paralisação, notando que os demais equipamentos também pararam de funcionar. Após as buscas para identificarmos o problema, deduzimos que houve uma sobrecarga elétrica que causou um curto-circuito no Arduino, queimando o aparelho (**Figura 53**).

Uma estratégia para evitar esse tipo de acidente é a utilização de disjuntores DPS de 16 a 20 AMP, bifásico, com proteção para descarga direta e desligamento em caso de falha interna. São pequenos detalhes que podem comprometer o funcionamento do Sistema de Irrigação

Aninga e outros sistemas de irrigação, o que, conseqüentemente, pode ocasionar a perda da produção de hortaliças e dos outros cultivos em ambiente protegido dos agricultores familiares do município de Parintins/AM.

Figura 49 – Curto-circuito que queimou o Arduino.



Fonte: Albuquerque, E.S. (2020).

DIÁLOGOS CONCLUSIVOS

O desenvolvimento e a concepção do Sistema de Irrigação Aninga partiram do desafio de podermos, por meio do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, darmos uma resposta quanto à disponibilidade de tecnologias de irrigação para os agricultores e agricultoras familiares de Parintins.

Cumprimos essa etapa constatando que o sistema é eficiente, no entanto, precisamos fazer com que esse produto esteja realmente acessível para os agricultores familiares, tendo em vista que uma das premissas da pesquisa é sua importância para a ciência e a sua aplicabilidade para a resolução de problemas locais.

Breve conclusão e recomendações

O projeto piloto do sistema de irrigação Aninga foi desenvolvido e aplicado, obtendo resultados significativos quanto ao seu funcionamento.

Com base nos resultados obtidos, foi possível identificar que a umidade média dos dados coletados foi de 45.02%, o que comprova que sistema conseguiu manter a umidade dentro do intervalo estipulado como ideal (38 a 50%), afirmando, assim, a importância de um sistema automatizado de irrigação para controle e monitoramento de um plantio.

Com relação à temperatura, foi obtida uma média de 34,45° C, tendo seus picos nos horários da manhã e tarde, e as temperaturas mais baixas no horário da noite. Esses dados serviram para observar o comportamento da umidade com a mudança de temperatura, onde foi possível identificar que, mesmo em temperatura baixas, houve a necessidade de irrigação. Sendo assim, se fosse adotado um padrão de temperatura ideal para acionamento ou não do sistema, esse valor poderia entrar em conflito com os valores de umidade, fazendo com que o sistema oscilasse em suas ações. Com isso, a temperatura não será utilizada como variável para acionamento do sistema, e sim como variável de monitoramento do ambiente.

Uma das importantes recomendações e seguindo orientação de um dos avaliadores do presente trabalho em Brasília, – em ocasião do Seminário II – é o emprego do Sistema de Irrigação Aninga na execução de política pública na gestão municipal, fato este que está consolidado como uma das metas do Plano Plurianual – PPA, para o quadriênio 2021-2024, especialmente no que diz respeito ao auxílio e apoio para projetos de irrigação em ambiente protegido para agricultores familiares do município de Parintins.

A análise dos custos de implantação do sistema de irrigação Aninga é consideravelmente viável, pois transitará em torno de R\$ 2.000,00 (dois mil reais), ressaltando

que estamos comentando tão somente os equipamentos e o programa que será embarcado no microcontrolador Arduíno na sua instalação na casa de vegetação, uma vez que os custos para construção dessa estrutura podem variar conforme as localidades.

Apesar dos resultados terem sido expressivos, as leituras incorretas por alguns sensores não permitem afirmar os resultados como conclusivos, e sim como evidências, o que remete à uma nova coleta de dados utilizando um sensor de umidade do solo mais robusto e resistente à corrosão, o qual será aplicado no Sistema de irrigação Aninga para comercialização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINT, Associação Brasileira das Indústrias de NãoTecidos. **Classificação, Identificação e Aplicações de NãoTecidos.** Disponível em: <http://www.abint.org.br/pdf/Manual_ntecidos.pdf> Acesso em: de dezembro de 2020.

ALMEIDA, Jessica Bueno de. **O desafio do uso da água no abastecimento e na agricultura familiar.** ANÁPOLIS-GO. 2018. Disponível em: <repositório.aee.edu.br/bitstream/aee/1074/1/2018_TCC_JessicaBueno.pdf> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

ALMEIDA, Maria Neide Sousa de et al.. **Avaliação Da Variação Temporal Do Nível De Água No Rio Amazonas Na Cidade De Parintins/AM.** Foz do Iguaçu. 2019. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/works/5004?fbclid=IwAR3QdjPjyoVNnHqkfo7YdjMp5X7hxaz0y4cB66_iCP3jDLkjVzIpz93MIYc#.XI00-gM2yX8.facebook> Acesso em: 18 de setembro de 2020.

ALBUQUERQUE, Jakson Douglas Rocha De. **Agricultura familiar: análise comparativa da produção de hortaliças na várzea e terra firme de Parintins, AM.** Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas. 2016. Disponível em: <<http://200.129.163.131:8080/bitstream/tede/5496/5/Dissertação%20-%20Jakson%20D.%20R.%20Albuquerque.pdf>> Acesso em: 07 de março de 2020.

ALVES, Rogério Mauro Machado. **Planejando a instalação de hortas. Embrapa Amapá, 2011.** Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/940402>> Acesso em: 07 de março de 2020.

ALVES, Kassia Larissa Abrantes et al. **Importância da Adoção das Tecnologias de Irrigação no Polo Petrolina / Juazeiro.** Disponível em: >https://www.researchgate.net/profile/Silvana_Queiroz/publication/329352121_Perfil_dos_migrantes_intraestaduais_cearenses_RMF_vis-a-vis_o_interior_do_estado_-_19861991_19952000_e_20052010/links/5c02e198a6fdcc1b8d4d8101/Perfil-dos-migrantes-intraestaduais-cearenses-RMF-vis-a-vis-o-interior-do-estado-1986-1991-1995-2000-e-2005-2010.pdf#page=331 Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017. Atlas irrigação uso da Água na Agricultura irrigada. Brasília. 2017.**

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013.** Brasília, DF, 2013.

ANDRADE, Richelho Fernandes de. **A Codificação Florestal Brasileira (Leis N.º 4.771/65 E 12.651/12) E Seus Impactos na Agricultura Familiar. Pombal- PB. 2019.** Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/11488/1/RICELHO%20FERNANDES%20DE%20ANDRADE%20-%20ARTIGO%20-%20PPGSA%20-%20PROFISSIONAL%202019.pdf>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

ARI, Fabiane Kazue. **Critérios para Concessão de Outorga e Eficiência do Uso dos Recursos Hídricos pela Irrigação.** Mato Grosso do Sul. 2014. Disponível em:

<<http://200.129.209.183/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Tese%20Fabiane%20Kazue%20Arai.pdf>> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

ARCHANJO, Paulo Cesar Vieira. **Convivência Contínua com Esgotos a Céu Aberto: Modos de Subjetivação de Habitantes de Parintins-Amazonas**. Manaus. 2016. Disponível em: <<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5240>> Acesso em: 18 de setembro de 2020.

BARROS, Allan Cunha. **Projetos de Irrigação por Aspersão**. 1ª. Edição. Edição do Autor Arapiraca – AL.2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Allan_Barros/publication/335176198_PROJETOS_DE_IRRIGACAO_POR ASPERSAO/links/5d553fdf45851545af43bf06/PROJETOS-DE-IRRIGACAO-POR-ASPERSAO.pdf> Acesso em: 23 de fevereiro de 2020.

BATISTA, Alan Vinícius de Araújo. **Robô Irrigador Multifuncional de Baixo Custo para Agricultura Familiar (Rirrig)**. Fortaleza. 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18757/1/2016_dis_avabatista.pdf> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

BBC Brasil, 2015 - **A agricultura é vilã ou vítima na crise hídrica**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/03/150302_agua_agricultura_pai> Acesso em: 07 de março de 2020.

BERNARDO, Salassier et al. **Manual Da Irrigação**. 9ª Edição Atualizada. Editora Ufv. 2019.

BORSSOI, A. L. et al. **Uniformidade de aplicação de água e fertirrigação em um conjunto de irrigação por gotejamento**. Eng. Agríc. vol.32 no. 4 Jaboticabal July/Aug. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000400011&lng=en&tlng=en> Acesso em: 07 de março de 2020.

BOSCHI, Raquel S.; OLIVEIRA, Stanley R. de M.; ASSAD, Eduardo D. **Técnicas de mineração de dados para análise da precipitação pluvial decenal no Rio Grande do Sul**. Engenharia Agrícola, v. 31, n. 6, p. 1189-1201, 2011.

BRASIL. Lei nº 9.433/1997. **Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm> Acesso em: 07 de março de 2020.

BRUNO, Regina. **Desigualdade, Agronegócio, Agricultura Familiar no Brasil**. Estudos Sociedade e Agricultura, v. 24, n. 1. 2016. Disponível em: <<https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/712/452>> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

Canal Rural, 2014 - **Irrigação por gotejamento pode economizar até 50% de água**. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/irrigacao-por-gotejamento-pode-economizar-ate-agua-24147/>> Acesso em: 07 de março de 2020.

CAPELLESSO, Adinor José; CAZELLA, Ademir Antonio; BÚRIGO, Fábio Luiz. **Evolução do Pronaf Crédito no Período 1996-2013: redimensionando o acesso pelos cadastros de**

pessoa física. Resr, Piracicaba-SP, vol. 56, nº 03, p. 437-450. 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/resr/v56n3/1806-9479-resr-56-03-437.pdf>> Acesso em: 28 de fevereiro de 2020.

CARVALHO, Ivan Ricardo et al. **Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo.** UFSM, 2013. Disponível em: <<file:///D:/PROJETO%20MESTRADO%20%20PROF.%20DR.%20CAMILO/DEMANDA%20HIDRICA.pdf>> Acesso em: 07 de março de 2020.

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. **Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.4, p.986-989, out-dez 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v23n4/a25v23n4.pdf>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

CASTELANI, Felipe. **Dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento.** Universidade do Contestado (UNC). 2018. Disponível em: <<http://45.238.172.12/index.php/ignis/article/view/1810/926>> Acesso em: 07 de março de 2020.

CASTRO, César Nunes de; PEREIRA, Caroline Nascimento. **Agricultura Familiar, Assistência Técnica e Extensão Rural e a Política Nacional de Ater.** Brasília, outubro de 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8114/1/td_2343.PDF> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

CHRISTOFIDIS, D. **Água na produção de alimentos: O papel da irrigação no alcance do desenvolvimento sustentável.** Revista de Ciências Exatas, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 37-46, 2006.

CHRISTOFIDIS, D. **Água, irrigação e agropecuária sustentável.** Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, ano 22, n. 1, p. 115-127, 2013.

CORRÊA, Ângela Mc Jorge; SFERRA, H. H. **Conceitos e aplicações de data mining.** Revista de ciência & tecnologia, v. 11, p. 19-34, 2003.

COUTO, Raul Chucair. **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável Parintins - Amazonas 2005-2012.** 2005. Disponível em: <[https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=509702&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22COUTO,%20R.%20\(Org.\)%22&qFacets=autoria:%22COUTO,%20R.%20\(Org.\)%22&sort=&paginaacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=509702&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22COUTO,%20R.%20(Org.)%22&qFacets=autoria:%22COUTO,%20R.%20(Org.)%22&sort=&paginaacao=t&paginaAtual=1)> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

CRIVELENTI, Rafael Castro et al. **Mineração de dados para inferência de relações solo-paisagem em mapeamentos digitais de solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 12, p. 1707-1715, 2009.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. **Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 7, n. 4, p. 248-257, 2013.

DELGADO, Guilherme Costa; BERGAMASCO, Sonia Maria Pessoa Pereira. **Agricultura Familiar Brasileira: Desafios e Perspectivas de Futuro.** Secretaria Especial de Agricultura

Familiar e do Desenvolvimento Agrário. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/consea/publicacoes/agricultura/agricultura-familiar-brasileira-desafios-e-perspectivas-do-futuro/1-agricultura-familiar-brasileira-desafios-e-perspectivas-do-futuro.pdf/@@download/file/1-%20Agricultura%20Familiar%20Brasileira%20Desafios%20e%20Perspectivas%20do%20Futuro.pdf>> Acesso em: 13 de fevereiro 2020.

FBB, MMA, FUNARBE, 2011 - **Relatório Final dos Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos das Atividades Industriais e Agricultura Irrigada.**

FERREGUETTI, Geraldo Antonio. **Análise Comparativa de Manejo e Sistemas de Irrigação.** Vitória-ES. 2018. Disponível em: <<http://papayabrasil.com.br/cd/dados/palestras/P9.pdf>> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

FERREIRA, Alberto Luiz Silva. **Agricultura Familiar E Sustentabilidade Ambiental em Área De Várzea No Município De Parintins, Amazonas, Brasil.** Parintins, 2014. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7681/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o_AlbertoFerreira_PPGCASA.pdf> Acesso em: 18 de setembro de 2020.

FIGUEIREDO, M.G.D.; FRIZZONE, J.A.; PITELLI, M. M.; REZENDE, R. **Lâmina ótima de irrigação para o feijoeiro considerando restrição de terra e aversão ao risco do produtor.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2008.

FOLLADOR, F. A. C. **Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.

EMBRAPA, 2011 - **Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006.**

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **"Vento";** Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/vento.htm>> Acesso em: 16 de novembro de 2019.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; FARIA, M.A. **Microirrigação: Gotejamento e Microaspersão.** Maringá, PR: Eduem, 2012.

FURQUIM, M. G.. **Contribuição da Agricultura Irrigada ao Desenvolvimento Econômico do Município de Cristalina-Go.** Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0cc3/c8367e881fe3be0aab4dceedbad205a8d20e.pdf>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

GASPARIM, E.; RICIERI, R.P.; DALLACORT, R. **Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 27, p. 107-115, 2005.

GEISENHOFF, Luciano O. et al. **Produtividade do Brócolis-de-Cabeça sob Diferentes Sistemas de Irrigação.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.35, n.5, p.863-874, set./out. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v35n5/1809-4430-eagri-35-5-0863.pdf>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

KAMIENSK, Carlos, Marcos Cezar Visoli. **Swamp: uma plataforma para irrigação de precisão baseada na Internet das Coisas**. Ed. 20 I dezembro de 2018. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1105001/1/APSwamp.pdf>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

LIAKATAS, A.; CLARK, J.A.; MONTEITH, J.L. **Measurements of the heat balance underplasticmulches**. *Agricultural and Forest Meteorology*. Amsterdam, v.36, n. 3, p.227-39, 1986.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação Princípios e Métodos**. 2ª edição. Viçosa-MG: UFV, 2007.

MACEDO, Maria Fernanda Soares. **Técnicas de Irrigação, O Desenvolvimento da Agricultura e do Agronegócio: Uma Análise À Luz da Proteção Humana e da Cidadania Frente À Crise Hídrica Nacional**. *Campo Jurídico*, vol. 3, n. 2, p. 39-54, Outubro de 2015. Disponível em: <<http://www.fasb.edu.br/revista/index.php/campojuridico/article/view/87/0>> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

MAROUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Washington Luiz De Carvalho e; SILVA, Henoque Ftibeiro da. **Irrigação por Aspersão em Hortaliças - Qualidade da Água, Aspectos do Sistema e Método Prático de Manejo**. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF. 2008. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/762590>> Acesso em: 07 de março de 2020.

MAY, Peter H. **O (Falso) Dilema: Irrigação ou Reforma Agrária No Nordeste?**. *R. Econ. Sociol. rural*, Brasília, 26 (2): 163-179. 1988. Disponível em: <<https://www.revistasober.org/article/5da4d9810e88258f69ba68e1/pdf/resr-26-2-163.pdf>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

MENEGHETTI, Gilmar Antonio; SOUZA, Sígla Regina. **A Agricultura Familiar do Amazonas: Conceitos, Caracterização e Desenvolvimento**. vol n. 5. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1033378/1/542121PB.pdf>> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

MOTA, F. S. *Meteorologia Agrícola*. São Paulo: Livraria Nobel, 1983.

MONTEIRO, Luana Helena Oliveira et al. **Sistema de controle e automação para irrigação**. 2018. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/view/2941/2903>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

MOUTIN, Anderson et al. **O Uso Racional da Água Como Fator Econômico para o Agronegócio: Estudo Multicasos em uma Universidade e em uma Empresa do Ramo Agrícola**. São Paulo. 2017. Disponível em: <https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrC3PF1GUVegB8AvCYf7At.;_ylu=X3oDMTByOHZyb21tBGNvbG8DYmYxBHBvcwMxBHZ0aWQDBHNIYwNzcg--/RV=2/RE=1581615605/RO=10/RU=https%3a%2f%2frevista.fatectq.edu.br%2findex.php%2finterfacetecnologica%2farticle%2fdownload%2f191%2f205%2f/RK=2/RS=O3f3a51VBZR MblvI68EMP36O0CI->> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

Eletrogate. **Módulo Relé para automação residencial com Arduino**. 2018. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/modulo-rele-para-automacao-residencial-com-arduino/>> Acesso em: 06 de março de 2020.

NASCIMENTO, Francisco Airdesson Lima do. **Sistemas e Manejo de Irrigação de Baixo Custo**. Cruz Das Almas – Bahia. 2017. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/neas/images/mat_did/CURSO-1---SISTEMAS-E-MANEJO-DE-IRRIGAO-DE-BAIXO-CUSTO.pdf> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

NEVILLE V. B. Dos Reis. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Embrapa Hortaliças. Brasília-DF. 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/browse?type=author&value=REIS%2C+N.+V.+B.+dos>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

NODA, Sandra do Nascimento Et al. **Agricultura familiar: a organização espacial na produção e no turismo**. Parcerias Estratégicas - Número 12. UFAM. Setembro 2001. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/187/181> Acesso em: 05 de março de 2020.

PARINTINS, Lei Municipal nº 09/2006. **Regulamenta o Plano Diretor do Município de Parintins e estabelece diretrizes gerais da política urbana do Município e dá outras providências**. Parintins, 2006.

PATSKO, Luís Fernando. **Tutorial Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores**. Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos 2006. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/61542650/tutorial_eletronica_-_aplicacoes_e_funcionamento_de_sensores20191217-81336-1vhqgr.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTUTORIAL_Aplicacoes_Funcionamento_e_Util.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200306%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200306T182629Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=bc5bb8808a8b03b2f83e904963d676fffc21c6a035d4b3ff6477e0421266a88a> Acesso: em 06 de março de 2020.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONCA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s1415-43662000000300025&script=sci_arttext> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONCA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, 2007.

PIRES, R.C.M. et al. **Efeito de níveis de água, coberturas do solo e condições ambientais na temperatura do solo e no cultivo de morangueiro em ambiente protegido e a céu aberto.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p.663-674, 2004.

PRATES, J. E. **Circulações termicamente forçadas em áreas cultivadas.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 31-41, 1997.

ROCHA, C. T. D.; CHRISTOFIDIS, D. **Vantagens da opção pela agricultura irrigada.** Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, ano 24, n. 2, p. 17-25, 2015.

ROÇODA, Luis Carlos Castro et al. **Caracterização de Agrofloresta Periurbana no Município de Parintins-AM.** Parte da Monografia de conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia/UEA, do 1º. Autor. 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/907858/1/AIV424.pdf>> Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

ROSA, R. D. et al. **Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software.** 1. Background and Computing Strategy. Agricultural Water Management, Amsterdam, v.103, p. 8-24, 2012.

ROSSI, Fabiana Ribeiro. **Determinantes da adoção de irrigação por citricultores da região centro-norte do Estado de São Paulo.** São Carlos – SP. 2017. Disponível em: <://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9430/TeseFRR.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

SANTOS, M. A. L.; SANTOS, D. P.; SILVA, D. S.; SILVA, M. S.; CAVALCANTE, P. H. S. **Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (Dioscorea cayennensis L.).** Revista Ciência Agrícola, Rio Largo, v. 13, n. 1, p. 7-12, 2015.

SANTOS, Marco Aurélio Cassemiro dos. **Estudo do Desperdício de Água em Sistemas de Aquecedores.** v. 02, n. 01, p. 32-44, jan./ago. 2017. Disponível em: <<http://www.ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2548/149>> Acesso em: 27 de fevereiro 2020.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. **Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, set./dez. 2004.

SENTELHAS, P. C.; PEDRO JUNIOR, M. J.; MARTINS, F. P. **Característica aerodinâmicas da videira conduzida em espaldeira.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, n. 1, 1993. p. 25-30

SILVA, Eliézer Cláudio Ribeiro; ALVES Fiamma Buchinger; SILVA, Igor Itaci Stesmastchuk da. **Agricultura Irrigada no Contexto Amazônico: Uma Abordagem Sistemática do Uso da Água em Uma Horticultura no Município de Altamira-Pa.** Revista Internacional de Ciências v.6 - n.1 jan./jun. 2016 Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/download/22926/17919>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

SILVA, Francisco Sidney Wesley da; SILVESTRE, Wasllany Ribeiro; GONÇALVES, Anna Angélica Góis . **Avanços Tecnológicos no Nordeste Brasileiro: Um Estudo da Dinâmica Econômica do Porto Digital – PE.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Silvana_Queiroz/publication/329352121_Perfil_dos_migrantes_intraestaduais_cearenses_RMF_vis-a-vis_o_interior_do_estado_-_19861991_19952000_e_20052010/links/5c02e198a6fdcc1b8d4d8101/Perfil-dos-migrantes-intraestaduais-cearenses-RMF-vis-a-vis-o-interior-do-estado-1986-1991-1995-2000-e-2005-2010.pdf#page=331> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

SILVA, JOSÉ RIBEIRO DA, PAULO DE JESUS. **Os Desafios do Novo Rural e as Perspectivas da Agricultura Familiar no Brasil.** 2015. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/4e7c/575628ad2fec34e3245aad066f49c048c83.pdf>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

SILVA, José Alberto Fracassi; Lago, Claudimir Lucio do. **Módulo eletrônico de controle para válvulas solenóides.** Quím. Nova v.25 n.5 São Paulo set./out. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000500021&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em: 06 de março de 2020.

SILVA, Rodrigo Pires da et al. **PROMAI – Programa Para Manejo Da Irrigação.** Faculdade Vértice - UNIVÉRTIX – Matipó. 2019. Disponível em: <<https://fave.univertix.net/wp-content/uploads/2019/11/R157-PROMAI---PROGRAMA-PARA-MANEJO-DA-IRRIGACAO.pdf>> Acesso em: 07 de março de 2020.

SIQUEIRA, Ana Paula da Silva et al. **Irrigapote: Aprendizagem Coletiva na Utilização de Tecnologia de Irrigação Sustentável.** Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1094350/1/artigo003229.pdf>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

Soluções Amanco, Linha Irrigação. **Catálogo.** São Paulo. 2017. Disponível em: <<http://amancowavin.com.br/downloads#catalogo-de-produtos>> Acesso em 16 de fevereiro de 2020.

SOUZA, Fagner Vilas Boas. **Crise Hídrica: Lições Preliminares.** São Paulo. 2014. Disponível em: <https://apesp.org.br/comunicados/images/tese_fagnervilas051015.pdf> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

SOUZA, José Camilo Ramos de. **A geografia nas escolas das comunidades ribeirinhas de Parintins: entre o currículo, o cotidiano e os saberes tradicionais.** São Paulo. 2013. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-08082013-102213/en.php>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

SOUZA, Francisco De. **Modelo Matemático da Irrigação por Sulcos.** Pesq. agropec. bras., Brasília. 1984. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/16059/10231>> Acesso em: 27 de fevereiro de 2020.

SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de.; Hilariane Teixeira Ghilardi. **Recursos Hídricos, Agropecuária e Sustentabilidade: Desafios para uma Visão Ecológica do Planeta.** vol. 02,

n.º. 47, Curitiba, 2017. pp. 78-98. Disponível em: <<http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/download/2027/1306>> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

STRECK, N.A., SCHNEIDER, F.M., BURIOL, G.A. **Modificações físicas causadas pelo mulching**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.2, p. 131-142, 1994. Schneider, Sergio. Mercados e Agricultura Familiar. Outubro de 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Schneider/publication/309202008_Mercados_e_Agricultura_Familiar/links/5804e35208aef179365e54de.pdf> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

TERTO, Rennan Salviano, Thales Rafael Guimarães Queiroz; Márcio Regys Rabelo de Oliveira; Pedro Victor Veras Paiva e Raimundo Nonato Távora Costa. **Espacialização de Canais de Irrigação por Sulco com Auxílio de Softwares**. Irriga, Botucatu, v. 1, n. 2, p. 53-59, Edição Especial Winotec, 2018. Disponível em: <<http://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3595>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

TARTAGLIA, Francilene de Lima. **Desempenho Agronômico do Algodoeiro Naturalmente Colorido à Adubação Nitrogenada no Semiárido Brasileiro**. Mossoró. 2018. Disponível em: <<https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2019/11/Tese-Francilene-de-Lima-Tartaglia.pdf#page=62>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações**. Campinas. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318197795_Irrigacao_metodos_sistemas_e_aplicacoes> Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

TOLENTINO JÚNIOR, J. B.; MARINHO, L. B.; SOUZA, C. F.; FRIZZONE, J. A. **Desenvolvimento de um modelo numérico para modelagem do bulbo molhado em irrigação por gotejamento**. Irriga, Botucatu, Edição especial 1, p.11-20, 2014.

TORRES, Ana Fabíola Araújo. **O Programa Nacional de Alimentação Escolar. A Produção Animal Agroecológica e Agricultura Familiar: Desafios para a Assistência Técnica e Extensão Rural**. GARANHUNS – PE. 2019. Disponível em: <http://www.repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1441/1/tcc_eso_anafabiolaara%20c3%ba1-otorres.pdf> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

TUBELIS, A; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Livraria Nobel, 1980.

VAL, Adalberto L. et al. **Amazônia: Recursos hídricos e sustentabilidade**. In: J. Tundisi (Ed.) **Recursos Hídricos**. Academia Brasileira de Ciências (ABC) & Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo. 2010. Disponível em: <http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Preprints/2010/Val%20et%20al-Amaz%20F4nia%20Recursos%20H%20EDdricos-Preprint.pdf> Acesso em: 14 de fevereiro de 2020

WHITEHEAD, F. H. Wind as a factor in plantgrowth. In: HUDSON, J. P (org.). **Control of the plant environment**. London: Butter Worth Scientific Publications. 1957. p. 84-95.