



Igor Angelin

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DA
IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS**

Horizontina-RS

2020

Igor Angelin

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DA
IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade Horizontina, sob a orientação do professor Fauzi de Moraes Shubeita, Dr.

Horizontina - RS

2020

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Desenvolvimento de um sistema para controle da irrigação de hortaliças”

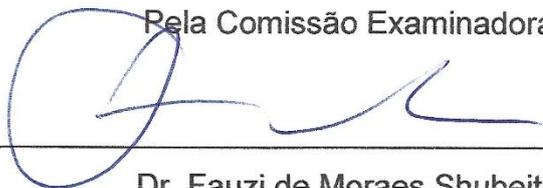
Elaborado por:

Igor Angelin

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Controle e Automação

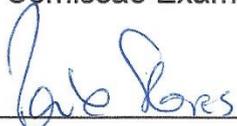
Aprovado em: 07/12/2020

Pela Comissão Examinadora



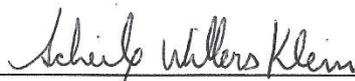
Dr. Fauzi de Moraes Shubeita

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Me. Paulo Marcos Flores

FAHOR – Faculdade Horizontina



Me. Scheila Cristiane Angnes Willers Klein

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

Ano 2020

Agradeço a minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica. Este trabalho é dedicado a todos vocês.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que sempre estão ao meu lado incentivando e orientando meus passos para que eu possa alcançar meus objetivos.

“O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem a sua própria razão para existir.”
(Albert Einstein)

RESUMO

O presente trabalho aborda o desenvolvimento de um sistema que seja capaz de gerenciar o processo de controle da irrigação de canteiros de pequeno porte voltados ao cultivo de hortaliças, este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema preparado para exercer tal controle, tendo como base de decisão a verificação da umidade do solo obtida em tempo real e também capaz de manter a umidade do mesmo em níveis ideais de acordo com o tipo de cultivo. Para executar tal função foi implantado um hardware de controle capaz de interpretar dados vindos dos sensores e relacionar os mesmos com o comportamento do solo. De forma geral o sistema referido coleta e verifica os dados de umidade de forma personalizada com cada tipo de solo, o que proporcionou um aumento da assertividade das leituras e possibilitou a redução da mão de obra necessária para realizar tal verificação.

Palavras-chave: Irrigação. Automação. Hortaliças.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Irrigação superficial (sulco)	17
Figura 2: Irrigação subsuperficial	18
Figura 3: Irrigação por aspersão (pivô)	19
Figura 4: Irrigação localizada (gotejamento)	19
Figura 5: Diagrama Trilinear.....	20
Figura 6: Exemplo do cálculo do percentual de areia silte e argila em solos com pedregulho	21
Figura 7: Profundidade radicular de algumas hortaliças	22
Figura 8: Lista de materiais e ferramentas utilizadas.	22
Figura 9: Diagrama elétrico da placa de controle	23
Figura 10: Desenho 3D e diagrama de ligações da placa.....	24
Figura 11: Diagrama Trilinear.....	27
Figura 12: Solo saturado e seu respectivo isolamento.....	28
Figura 13: remoção da amostra do solo.....	28
Figura 14: Instalação do sistema de coleta de dados	29
Figura 15: Leituras realizadas durante a irrigação gradual do solo	30
Figura 16: Tratamento dos dados de acordo com o solo	31
Figura 17: Valores lidos pelos sensores utilizando a programação personalizada ...	32

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

MIT – Massachussets Institute of Tecnology

CC – Capacidade de campo

FAHOR – Faculdade Horizontina

A/D – Análogo digital

g – Gramas

ml – Mililitros

PVC – Policloreto de Vinila

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.4 HIPÓTESES	13
1.5 JUSTIFICATIVA	13
1.6 OBJETIVOS	14
1.6.1 Objetivo Geral	14
1.6.2 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 Solo 15	
2.2.1 Classificação dos solos	15
2.2.1 Capacidade de campo	16
2.2.2 Ponto de murcha permanente	16
2.2 Microcontroladores	16
2.3 Sensores	17
2.4 Irrigação	17
3 METODOLOGIA	20
3.1 Solo	20
3.1.1 Classificação do solo	20
3.1.2 Capacidade de campo	21
3.2 construção da placa e seleção dos componentes	22
3.3 Calibração ²⁴	
3.4 Programação	25
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	27
4.1 SOLO	27

4.1.1 Classificação do solo	27
4.1.2 Determinação da capacidade de campo	28
4.2 CALIBRAÇÃO	29
4.3 Programação	30
CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE	37
ANEXO	58

1 INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças no Brasil tem crescido nos últimos anos, a busca pelo aumento da qualidade de vida está diretamente ligada a uma alimentação saudável onde as mesmas estão inseridas (RAMOS, 2019). Tal aumento reflete diretamente na demanda da produção deste tipo de alimento, o que exige uma nova forma de realizar o manejo no campo a fim de suprir as necessidades do mercado.

Os sistemas de controle estão em um desenvolvimento constante em vários setores de nosso convívio, e cada vez mais são valorizados pela sua capacidade de otimizar tempos de processos. De acordo com Marouelli et al. (2008), a irrigação é uma etapa muito importante no cuidado com o manejo de hortaliças, devendo ser controlada a fim de possibilitar uma boa performance do processo.

A implementação de um sistema para controlar a irrigação é parte fundamental para garantir um bom gerenciamento de recursos, associando o sistema de irrigação com um sistema de controle é possível obter um conjunto capaz de aumentar a produtividade reduzindo o tempo de ciclo, assim como reduzindo o desperdício de água durante o crescimento da planta.

A realização do presente trabalho tem como objetivo criar um sistema para gerenciar o controle da irrigação de canteiros voltados ao cultivo de hortaliças em pequena escala, buscando facilitar a interpretação dos dados de campo, bem como validar tais informações. Para tal desenvolvimento a pesquisa foi estruturada seguindo alguns pilares, sendo eles: estudo do solo, pesquisa dos componentes eletrônicos, construção do protótipo e criação dos processos de calibração dos equipamentos.

1.1 TEMA

A determinação do tema do trabalho é um dos primeiros passos da pesquisa, segundo Lakatos (2012), o tema é uma explicação do conteúdo ao qual se deseja desenvolver ou fundamentar, englobando o conteúdo de forma que demonstre sua totalidade. Assim sendo, o presente trabalho apresenta como tema o desenvolvimento de um sistema que seja capaz de gerenciar o processo de controle da irrigação de canteiros de pequeno porte voltados ao cultivo de hortaliças.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema proposto pela pesquisa deve ser refinado e demonstrar os limites da pesquisa, baseados nas possíveis variações do processo ou contexto em que está inserido (GIL, 2008). Desta forma, este trabalho delimita-se na elaboração e construção de um protótipo de um sistema de controle capaz de coletar os dados de umidade do solo, bem como acionar um sistema de irrigação baseado nos dados coletados.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema encontrado no presente trabalho é a dificuldade de manter a umidade do solo de canteiros em níveis ideais para os mais diversos tipos de cultivo em pequena escala, oferecendo a planta a umidade necessária durante todo o período de crescimento da mesma, bem como entregar apenas a quantidade de água consumida, reduzindo o desperdício durante o processo.

Atualmente este procedimento é controlado apenas por verificações visuais no ambiente, sem o auxílio de um sistema de coleta e processamento de dados. Deste modo não é possível identificar o momento correto para realizar a irrigação de forma rápida e tomar ações corretivas no momento em que elas sejam necessárias.

Como identificar quais são os equipamentos e processos necessários para a criação e implementação deste sistema voltado para cultivos realizados em uma horta de pequeno porte?

1.4 HIPÓTESES

A partir do problema deste estudo, é necessário definir algumas hipóteses. Segundo Marconi e Lakatos (2018), a hipótese é uma suposição para expressar possíveis soluções para o problema em questão, também conduz a pesquisa para novos assuntos, encaminhando a verificação das ideias expostas. Desta forma as hipóteses a serem testadas são:

- ✓ A construção do protótipo simplificará o monitoramento dos dados de campo da horta.
- ✓ A construção do protótipo reduzirá o desperdício de água da horta.
- ✓ A construção do protótipo reduzirá a mão de obra necessária para realizar a irrigação.

1.5 JUSTIFICATIVA

Segundo Souza (2011), o aumento da produção de hortaliças e outros alimentos é uma consequência inevitável do crescimento populacional. Para aumentar esta produção está sendo explorado o aumento do rendimento das plantações já existentes, visando reduzir impactos ao meio ambiente. Ainda seguindo esta linha de pensamento Marouelli e Silva (2011), citam que a escassez de mão de obra e a busca pela eficiência são gatilhos para que os produtores busquem incorporar automação em seus sistemas de irrigação.

O presente trabalho, aplicado em uma área experimental de cultivo de hortaliças localizada no Noroeste do Rio Grande do Sul, RS, justifica-se pela necessidade de implantar o controle autônomo da irrigação de canteiros voltados ao cultivo de hortaliças, visando aumentar a produtividade e diminuir tempo e custos operacionais.

O sistema proposto realiza o controle e executa a irrigação dos canteiros de forma personalizada, o critério utilizado para que o sistema funcione de forma eficiente é a umidade do solo, tendo sua coleta em tempo real, o que permite a execução do processo no momento em que a planta necessita da irrigação, garantindo que a planta cresça de maneira saudável e uniforme.

Outro fator que impacta diretamente na redução de custos é a possibilidade de controlar o volume de água entregue a planta de forma racional, entregando a

planta somente a quantidade necessária, reduzindo desperdícios provenientes da irrigação excessiva.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem por objetivo desenvolver um sistema preparado para exercer o controle da irrigação de hortaliças, tendo como base de decisão a verificação da umidade do solo obtida em tempo real e que também seja capaz de manter a umidade do mesmo em níveis ideais de acordo com o tipo de cultivo.

Para desenvolver o sistema de controle será necessário buscar equipamentos adequados para tal uso, bem como formas de mensurar os dados captados pelo sistema possibilitando ajustá-los de acordo com as características do solo e necessidades de cada tipo de cultivo.

1.6.2 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral, é necessário subdividi-lo em tópicos, chamados de objetivos específicos. Segundo Prodanov e Freitas (2013), os objetivos específicos são caracterizados pela união do objetivo geral com as aplicações do mesmo, visando apresentar o que há entre a teoria e a prática, de modo geral são apresentados com um aspecto fundamentado. Desta forma tais objetivos foram citados abaixo:

- ✓ Fazer uma revisão bibliográfica sobre o tema.
- ✓ Definir os elementos necessários para construção do protótipo.
- ✓ Buscar sensores e micro controladores adequados para captar os dados do solo.
- ✓ Fabricar o protótipo do sistema de controle.
- ✓ Fazer testes de campo.
- ✓ Validação de dados e materiais.
- ✓ Documentar e apresentar os resultados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

De acordo com Marouelli et al. (2008), a etapa de irrigação tem um papel fundamental no cultivo de hortaliças, tendo como aspectos fundamentais a decisão de quando e quanto irrigar. O sistema deve executar a irrigação das plantas de modo uniforme, no momento em que as mesmas necessitam, entregando somente a quantidade necessária. O processo de controle da irrigação envolve muitas características do ambiente no qual o mesmo será inserido, as quais devem ser observadas e consideradas com a finalidade de tornar o processo confiável.

2.1 SOLO

O solo pode ser definido como material natural proveniente da decomposição das rochas, contendo diversas características como a composição, textura e densidade, tendo variações em cada uma delas de acordo com a formação do mesmo (Santos Neto, 2018).

De forma geral o solo é uma reserva de água e nutrientes, também servindo como base de fixação das plantas. Porém estas reservas são limitadas e afetadas pelo consumo das plantas e pela evapotranspiração do ambiente, podendo ser repostas por meio da irrigação e fertilização sempre que necessário (Marouelli et al., 2008).

2.2.1 Classificação dos solos

De acordo com Santos Neto (2018), o ato de classificar os solos é uma prática muito antiga, podendo ser subdividida em classificação geológica, granulométrica e geotécnica. A classificação geológica contempla as características da origem e formação, já a classificação granulométrica estuda o tamanho das partículas formadoras da matéria, e por fim a classificação geotécnica define o comportamento mecânico e hidráulico do solo.

Uma das formas de classificar o solo é utilizando o diagrama trilinear, segundo Santos Neto (2018), o triângulo é subdividido em três características: percentual de areia, silte e argila do solo. Este sistema não contempla o percentual de pedregulho, caso o volume for expressivo, o diagrama não pode ser utilizado.

2.2.1 Capacidade de campo

De acordo com Marouelli et al. (1996), a capacidade de campo é descrita de forma sucinta como a quantidade máxima de água que o solo é capaz de reter após o escoamento espontâneo do excesso. Sua determinação deve ser realizada em campo sempre que possível, porém existem métodos de laboratório capazes de realizar tal verificação.

O conhecimento da capacidade de campo é muito importante pois quando o solo é submetido a tais valores de umidade, o mesmo possui oxigênio e umidade suficiente para a respiração e crescimento das raízes. Por outro lado, se este nível for ultrapassado por longos períodos pode causar várias consequências para o desenvolvimento da grande maioria das hortaliças (Marouelli et al., 2008).

2.2.2 Ponto de murcha permanente

O ponto de murcha permanente é compreendido como o limite mínimo de umidade no solo, uma vez atingido a planta apresenta sinais evidentes da falta de água e não é capaz de se recuperar mesmo com o fornecimento posterior de condições ideais de sobrevivência. O ponto de murcha pode variar de acordo com a espécie de cultivo e sua fase de desenvolvimento (Marouelli et al., 2008).

2.2 MICROCONTROLADORES

Segundo Gimenez (2015), microcontrolador é a integração dos componentes fundamentais da arquitetura de um microcomputador em escala micrométrica, seu objetivo é atuar em tarefas específicas que não demandam grande capacidade de processamento.

Em um sistema de controle o microcontrolador tem a função de analisar os dados recebidos através dos sensores, bem como tomar decisões baseadas nas definições de sua programação. O funcionamento do microcontrolador se dá através da capacidade que o mesmo tem de buscar e interpretar informações alocadas em memória. Sua relação com o mundo externo é realizada através da entrada e saída de dados provenientes do sistema como um todo (Gimenez, 2015).

2.3 SENSORES

Segundo Mataric (2014), sensores são instrumentos utilizados para captar as características presentes no ambiente, fornecendo as informações necessárias para que o sistema reconheça as mudanças do ambiente de forma dinâmica.

De maneira abrangente, os sensores podem ser classificados quanto a fonte dos dados. Os sensores proprioceptivos são utilizados para verificar características internas de um sistema, já os sensores exteroceptivos têm a função de perceber as características externas ao sistema, como por exemplo a luminosidade do ambiente (Mataric, 2014).

A utilização de sensores envolve um estudo abrangente do universo no qual o mesmo será inserido, a falta de conhecimento prévio sobre o ambiente é uma das principais causas de incerteza e erros de medição (Mataric, 2014).

2.4 IRRIGAÇÃO

Segundo Marouelli (2008), existem diversas formas de realizar o manejo racional da irrigação, porém existe uma crença de que estes sistemas exigem grande investimento e alto nível de conhecimento sobre o equipamento para poder utilizá-lo, o que faz com que os produtores sigam utilizando apenas o conhecimento e o trabalho manual para gerenciar a irrigação.

De acordo com Marouelli e Silva (2011), são várias as formas de executar o processo de irrigação, cada uma contém suas peculiaridades de custo e execução, porém podemos classificar as mesmas através dos métodos superficial, subsuperficial, aspersão e localizado.

São compreendidos como métodos de irrigação superficiais todos aqueles que utilizam a superfície do solo como meio de transporte para a água, um exemplo é a irrigação através de sulcos, que são uma espécie de caminho para a distribuição da água em meio aos canteiros (Marouelli e Silva, 2011), conforme Figura 1.

Figura 1: Irrigação superficial (sulco)



Fonte: Marouelli e Silva (2011).

Já os métodos de irrigação subsuperficiais controlam o fornecimento de água as plantas por meio da criação e controle de uma espécie de lençol freático, esta prática possibilita o controle da altura da coluna de água entregando a planta diferentes quantidades em função do estágio de desenvolvimento da mesma (Marouelli e Silva, 2011), conforme Figura 2.

Figura 2: Irrigação subsuperficial



Fonte: Marouelli e Silva (2011).

O método de irrigação por aspersão se destaca pela capacidade de adaptação em qualquer tipo de solo e geografia, e é caracterizada pela aplicação de água em forma de chuva, é o sistema mais utilizado no Brasil, tendo maior destaque em pequenas áreas (Marouelli e Silva, 2011), conforme Figura 3.

Figura 3: Irrigação por aspersão (pivô)



Fonte: Marouelli e Silva (2011).

A irrigação localizada é caracterizada pela aplicação da água adjacente a planta, fornecendo umidade apenas na região próxima da mesma. Este método pode ser apresentado na forma de gotejamento ou microaspersão e suas principais características durante o manejo são a alta frequência e baixa quantidade de água aplicada a cada acionamento, bem como o aumento expressivo na quantidade e qualidade do produto colhido. Também é possível automatizar completamente este sistema, permitindo um controle preciso dos volumes aplicados (Marouelli, 2011), conforme Figura 4.

Figura 4: Irrigação localizada (gotejamento)



Fonte: NETAFIM (2020).

3 METODOLOGIA

Esta seção é dedicada a descrição dos métodos utilizados na construção do protótipo, bem como o processo de calibração do medidor de umidade.

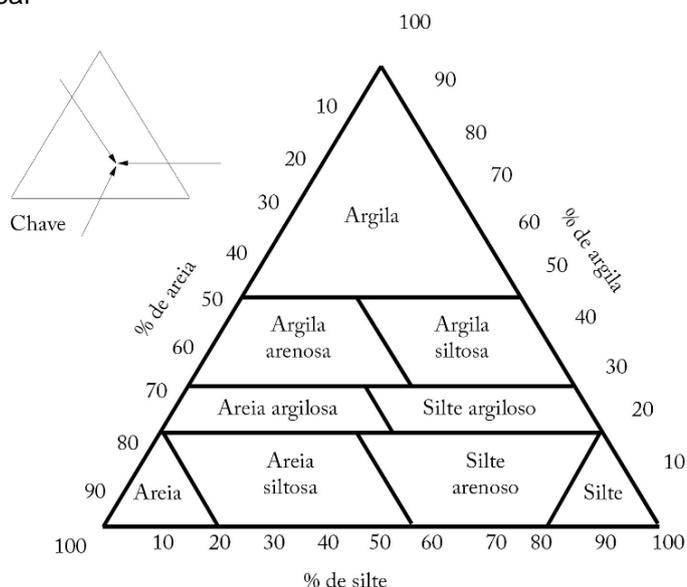
3.1 SOLO

Para realizar o desenvolvimento deste trabalho foi necessário compreender o ambiente em que o sistema de irrigação foi inserido, as características do solo determinam como é o comportamento do sistema no que diz respeito às medições nele realizadas. As características do solo determinadas pelo trabalho foram o tipo de solo, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente.

3.1.1 Classificação do solo

Existem alguns métodos para classificar o tipo de solo, o presente trabalho utilizou o Diagrama Trilinear citado por Santos Neto (2018), apresentado na Figura 5. Para utilizar o diagrama foi necessário conhecer a quantidade de areia, silte e argila presente no solo.

Figura 5: Diagrama Trilinear



Fonte: Santos Neto (2018).

Para garantir a correta classificação do solo é necessário observar o teor de pedregulho presente no solo e descontar do percentual total da amostra, conforme Figura 6, calculando novos percentuais de areia, silte e argila, o exemplo utilizado

por Santos Neto (2018) mostrado na Figura 6 utiliza os seguintes dados: pedregulho = 10%, areia = 15%, silte = 35% e argila = 40%, obtendo como resposta o aumento dos percentuais citados proporcionalmente relacionados com o percentual de pedregulho. Grande parte dos solos possui uma quantidade de pedregulho considerável para a análise, porém nos casos onde existe pouca incidência não é necessário fazer o cálculo.

Figura 6: Exemplo do cálculo do percentual de areia silte e argila em solos com pedregulho

$$\begin{aligned} \text{areia} &= \frac{15 \times 100}{100-10} = 16,7\% \\ \text{silte} &= \frac{35 \times 100}{100-10} = 38,9\% \\ \text{argila} &= \frac{40 \times 100}{100-10} = 44,4\% \end{aligned}$$

Fonte: Santos Neto (2018).

3.1.2 Capacidade de campo

Para determinar a CC é necessário seguir alguns procedimentos de padronização, o presente trabalho utilizou como referência os passos citados por Pereira et.al. (2017), são eles: preparação do solo, remoção da amostra, pesagem do solo úmido, secagem da amostra, pesagem do solo seco e cálculo da CC.

A preparação do solo consiste em remover a vegetação da área caso ela exista e irrigar a área até o solo ficar saturado, é aconselhado construir uma bacia como barreira para evitar que a água escoe pela superfície sem penetrar no solo, garantindo que o solo atinja a condição desejada.

Após a irrigação deve ser respeitado um intervalo de 24 horas, outro ponto importante é que a amostra deve ser uniforme, ou seja, a mesma deve conter solo da superfície até a maior profundidade radicular das plantas, mostrada na Figura 7.

Figura 7: Profundidade radicular de algumas hortaliças

Hortaliça	Z (cm) ⁽¹⁾		Hortaliça	Z (cm) ⁽¹⁾	
	Fase 2	Fases 3 e 4		Fase 2	Fases 3 e 4
Abóbora-seca	20	45	Espinafre	30	50
Abobrinha	20	40	Feijão-vagem	20	40
Acelga	15	30	Grão-de-bico	30	50
Aipo	20	40	Jiló	20	40
Alcachofra	20	40	Lentilha	25	50
Alface	15	20	Mandioquinha-salsa	20	40
Alho	20	30	Melancia	30	40

Fonte: Marouelli et.al. (2008).

Tal amostra deve ser pesada e passar pelo processo de secagem, após realizar estes passos a amostra estará pronta para a pesagem final seguida do cálculo da CC baseado na Equação 1 abaixo.

Equação 1: Cálculo da capacidade de campo:

$$CC = \left(\frac{\text{Massa da água (g)}}{\text{massa do solo seco(g)}} * 100 \right) - 100 \quad (1)$$

Fonte: Adaptado de Santos Neto (2008).

3.2 CONSTRUÇÃO DA PLACA E SELEÇÃO DOS COMPONENTES

A seleção dos componentes foi feita com o intuito escolher itens de fácil reposição, mantendo o custo o mais baixo possível. O microcontrolador escolhido obteve vantagem em relação aos demais devido ao fato de que seu custo é inferior quando comparado com microcontroladores similares no mercado, os outros microcontroladores são dotados de vários recursos que não influenciam no funcionamento do protótipo, o que agrega custo na compra. A escolha do sensor de umidade também foi baseada nos critérios citados anteriormente, sendo o sensor mais barato da categoria e de fácil reposição. Todos os demais componentes foram escolhidos de acordo com as necessidades dos sensores e do microcontrolador, conforme listado na Figura 8.

Figura 8: Lista de materiais e ferramentas utilizadas.

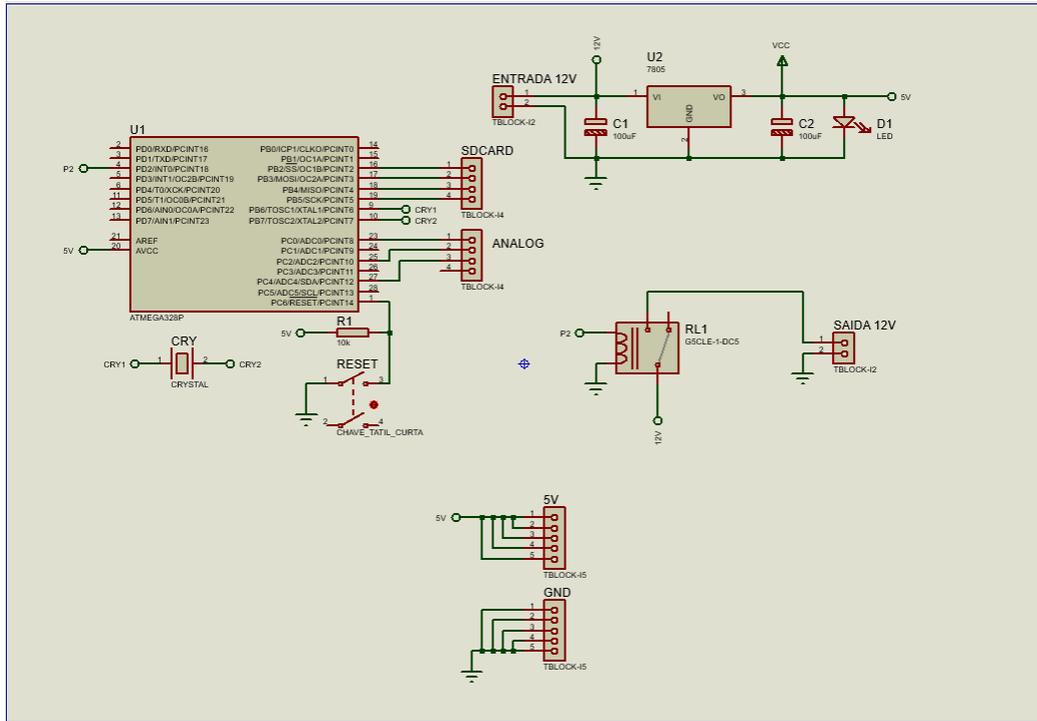
Materiais e equipamentos utilizados	Quantidade
-------------------------------------	------------

Microcontrolador atmega328p	1
Regulador de tensão LM7805	1
Capacitor 100 μ F	2
Led 5V	1
Resistor 330 Ω	2
Botão N/A	1
Clock 16K	1
Relé DC 5V	1
Conector Borne duplo	12
Cabo elétrico (metro)	2
Módulo leitor de cartão SD	1
Sensor de umidade de solo KDQ11	3
Notebook	1
Fonte 12V	1
Ferro de solda	1
Estanho	1
Alicate descascador de cabos	1

Fonte: Autor (2020).

Para realizar a elaboração da placa de controle foi feita uma construção virtual, com a ajuda do software Proteus 8 professional, tal recurso permite posicionar todos os componentes e conectá-los de forma otimizada conforme Figura 9, bem como permite simular o comportamento da placa com a futura programação do microcontrolador.

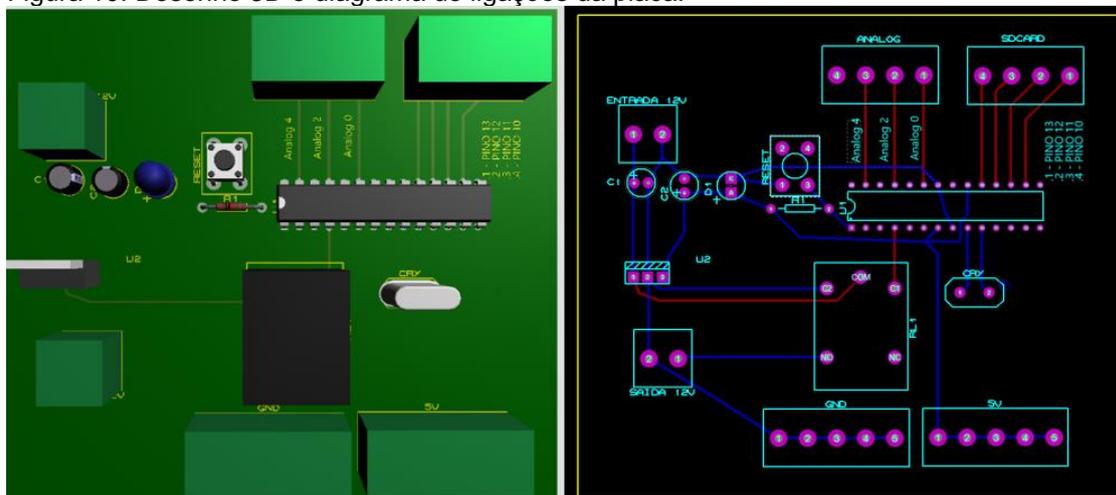
Figura 9: Diagrama elétrico da placa de controle



Fonte: Autor 2020.

A construção física da placa foi feita de forma manual com a ajuda de ferro de solda, seguindo o desenho 3D e o diagrama elaborado no software mostrados na Figura 10

Figura 10: Desenho 3D e diagrama de ligações da placa.



Fonte: Autor 2020.

3.3 CALIBRAÇÃO

O processo de calibração dos sensores foi realizado com o intuito de validar as leituras feitas pelo sistema, bem como compreender o comportamento do solo

para elaborar a programação final com a maior precisão possível para o solo estudado.

A primeira atividade realizada foi criar um plano de ação dividindo o processo em etapas, são elas:

1. Programar o microcontrolador para que o mesmo faça a leitura e o registro dos dados sem tratamento.
2. Instalar os sensores e realizar leituras do solo quando o mesmo atingir a capacidade de campo. Desenvolver esta etapa paralelamente ao processo da determinação da CC
3. Acondicionar a amostra de solo que passou pelo processo de secagem em uma embalagem impermeável e instalar os sensores na mesma. Utilizar o mesmo solo usado na determinação da CC.
4. Iniciar novamente o sistema de leitura da umidade e realizar a hidratação do solo de forma gradual até que a amostra retorne a CC.
5. Gerar um gráfico com as leituras feitas, expondo a variação dos valores obtidos.

O objetivo destes processos foi identificar o valor lido pelo sensor na CC, bem como coletar as leituras durante o processo de irrigação relacionando as mesmas com a quantidade de água presente no solo, possibilitando o cruzamento dos valores lidos com percentual de água no solo.

3.4 PROGRAMAÇÃO

A programação foi desenvolvida através do software Arduino IDE 1.8.13, em linguagem de programação C++, tendo como função básica fazer uma conversão A/D do valor de tensão recebido pelas portas analógicas, relacionar tal valor com os dados obtidos na calibração e gravar as informações.

A conversão A/D foi aplicada com o objetivo de ampliar o range das leituras, convertendo os valores de tensão recebidos do leitor (0 a 5 volts) para uma escala determinada pelo microcontrolador de 10 bits (0 a 1024). Para realizar tal conversão é possível utilizar a Equação 2 abaixo.

Equação 2: Constante de conversão A/D

$$\text{Constante de conversão} = \text{Tensão de trabalho do sensor} * \frac{1}{1024} \quad (2)$$

Fonte: Autor (2020).

Após obter a constante de conversão deve se multiplicar pelo valor lido do sensor, transformando assim um sinal analógico em um sinal digital, facilitando o tratamento do dado. Após a conversão, estes valores foram armazenados em um cartão de memória, a fim de registrar o histórico de leituras ao longo do tempo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção é dedicada a apresentação e análise dos resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho.

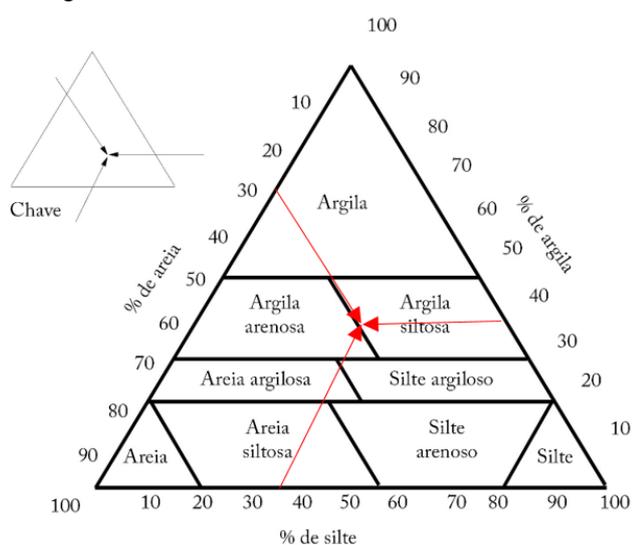
4.1 SOLO

A área escolhida para realizar o desenvolvimento do trabalho é parte de um canteiro voltado ao cultivo de hortaliças localizado nas coordenadas 27°36'56.5"S 54°18'14.5"W.

4.1.1 Classificação do solo

Para determinar a classificação do solo utilizado no trabalho foi necessário determinar os níveis de areia, argila e silte presentes no solo, tais dados foram evidenciados por uma análise de solo apresentada no Anexo B, que identificou a presença de 29% de areia, 36% de argila e 35% de silte, bem como classificou o tipo de solo como argiloso de acordo com a instrução normativa nº2, de 09/10/2008 - MAPA. Aplicando o diagrama trilinear foi possível verificar que a classificação quanto a composição é argila siltosa, conforme mostrado na Figura 11 abaixo.

Figura 11: Diagrama Trilinear



Fonte: Adaptado de Santos Neto (2018).

4.1.2 Determinação da capacidade de campo

A primeira etapa foi a remoção da vegetação e a construção de uma bacia para evitar o escoamento da água, após esta etapa o solo foi irrigado de forma abundante até formar um depósito de água. Para evitar as perdas por evaporação o local selecionado foi coberto com um plástico, conforme Figura 12 abaixo.

Figura 12: Solo saturado e seu respectivo isolamento.



Fonte: Autor (2020).

Após o escoamento natural do excesso de água foi retirada uma amostra de solo com o auxílio de um tubo PVC de diâmetro 100mm, conforme Figura 13. A profundidade radicular da alface chega a 200mm, porém devido as condições do solo e o ferramental utilizado não foi possível atingir tal profundidade, portanto a amostra atingiu a profundidade de 150mm.

Figura 13: remoção da amostra do solo



Fonte: Autor (2020).

Uma vez finalizado o processo da coleta, a amostra foi pesada com uma balança digital com precisão de 5g, onde apresentou uma massa equivalente a 1380g. O processo de secagem foi iniciado colocando a amostra em um forno pré aquecido a 105 °C durante 30 minutos baseado no método do forno elétrico citado por (Fonseca, 2010). Após a secagem a amostra foi colocada em um recipiente para secagem natural por 24 horas. Para finalizar a coleta dos dados necessários a amostra foi pesada novamente, resultado em uma massa de 1045 gramas, assim a Equação 1 pode ser aplicada e a CC determinada em aproximadamente 32%, conforme cálculo da Equação 1 abaixo.

$$CC = \left(\frac{1380 \text{ g}}{1045 \text{ g}} * 100 \right) - 100 \quad CC = 32,057\% \quad (1)$$

4.2 CALIBRAÇÃO

A programação utilizada para a captação dos dados exposta no Apêndice B, consiste na conversão A/D do sinal de tensão enviado pelo sensor. Para dar início ao processo, a amostra de solo foi acondicionada em uma embalagem plástica. Os sensores por sua vez foram instalados mantendo uma distância uniforme entre eles, conforme Figura 14.

Figura 14: Instalação do sistema de coleta de dados



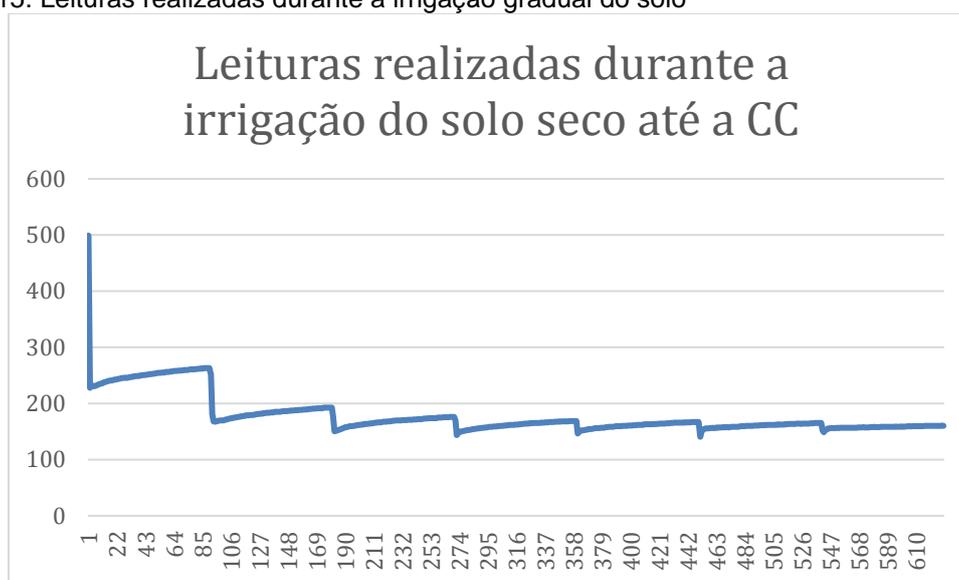
Fonte: Autor (2020).

A hidratação controlada do solo foi realizada em 7 fases, conforme Apêndice C. Nas primeiras 6 etapas foram adicionados 50 ml de água ao solo, já na sétima etapa foi adicionado 35 ml pois o total de água que o solo perdeu da CC até a

secagem completa foi de 335 ml, após a adição foi respeitado um intervalo de 15 minutos, com o objetivo de aguardar a estabilização dos valores lidos.

Durante o processo de aquisição de dados foi possível observar que o comportamento das leituras realizadas pelos sensores não é linear, como é mostrado no gráfico da Figura 15 abaixo gerado a partir da tabela de leituras mostrada no Apêndice C.

Figura 15: Leituras realizadas durante a irrigação gradual do solo



Fonte: Autor 2020.

4.3 PROGRAMAÇÃO

O código desenvolvido mostrado no Apêndice A utiliza como base a tabela mostrada no Apêndice C, de forma sucinta o código atua seguindo a sequência lógica de um leitor analógico seguido de um sistema de classificação de tais dados.

O código inicia carregando as bibliotecas necessárias para possibilitar a gravação no cartão de memória e também cria as variáveis globais necessárias. As funções criadas dentro da programação têm o objetivo de separar o código, simplificar o entendimento e facilitar a execução de ajustes futuros.

O loop principal é utilizado para a leitura, conversão A/D e também é usado para chamar as funções de classificação, irrigação e gravação dos dados, permitindo a criação de um histórico de consulta das condições do solo.

A parte mais crítica da programação foi elaborar um método de ajustar os valores lidos pelo sensor com a quantidade de água presente no solo. A estratégia utilizada no trabalho é dividir a escala de valores lidos em 6, cada divisão têm uma relação direta com a tabela do Apêndice C, o que permite uma aproximação dos valores obtidos com o percentual de água no solo, conforme fragmento do Apêndice A, exposto na Figura 16.

Figura 16: Tratamento dos dados de acordo com o solo

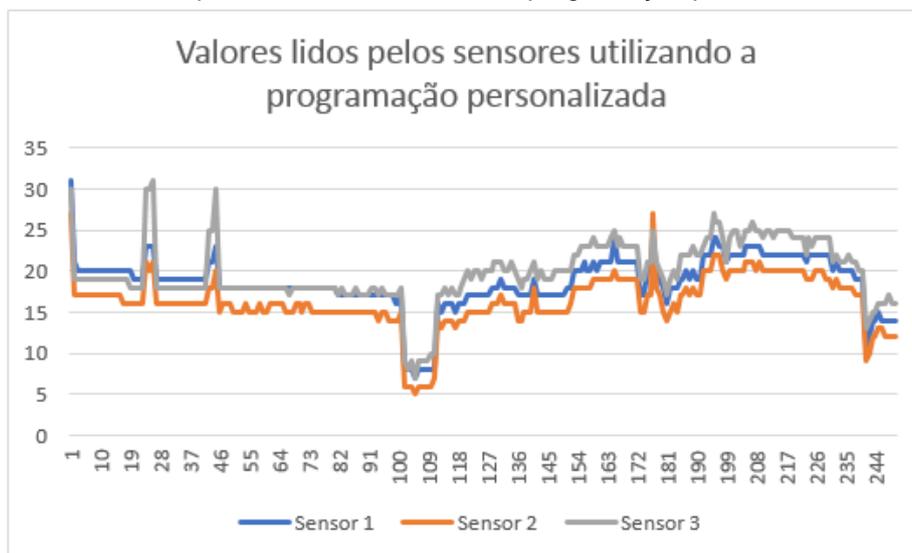
```
void classificar() {
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        if (leituras[i] >= 263) {
            leituras[i] = map(leituras[i], 263, 499, 480, 0);
        }
        else if (leituras[i] >= 193 && leituras[i] < 263) {
            leituras[i] = map(leituras[i], 193, 262, 960, 480);
        }
        else if (leituras[i] >= 176 && leituras[i] < 193) {
            leituras[i] = map(leituras[i], 176, 192, 1440, 960);
        }
        else if (leituras[i] >= 169 && leituras[i] < 176) {
            leituras[i] = map(leituras[i], 169, 175, 1910, 1440);
        }
        else if (leituras[i] >= 167 && leituras[i] < 169) {
            leituras[i] = map(leituras[i], 167, 168, 2390, 1910);
        }
        else if (leituras[i] >= 165 && leituras[i] < 167) {
            leituras[i] = map(leituras[i], 165, 166, 2870, 2390);
        }
        else if (leituras[i] >= 160 && leituras[i] < 165) {
            leituras[i] = map(leituras[i], 160, 164, 3210, 2870);
        }
        else {
            leituras[i] = map(leituras[i], 0, 159, 10000, 3210);
        }
        leituras[i] = leituras[i] / 100;
    }
}
```

Fonte: Autor 2020.

A função map foi utilizada para determinar os valores de cada intervalo de valores lidos, bem como relaciona tal intervalo proporcionalmente ao intervalo de percentual de água no solo mostrado no Apêndice B, gerando um resultado final

personalizado com as características do ambiente utilizado no estudo, conforme mostrado no gráfico da Figura 17.

Figura 17: Valores lidos pelos sensores utilizando a programação personalizada



Fonte: Autor 2020.

CONCLUSÃO

A realização deste trabalho exigiu um estudo abrangente do ambiente em que o mesmo foi inserido, exigindo o conhecimento das características do solo e seu comportamento, bem como técnicas de amostragem do solo e construção do protótipo, tal conhecimento permitiu responder ao problema da pesquisa, identificado quais são os equipamentos e processos necessários para a implementação de um sistema voltado a cultivos realizados em uma horta de pequeno porte.

Durante a pesquisa também foi possível atingir alguns objetivos específicos, como a construção do protótipo, realização de testes de campo e validação dos dados coletados através da calibração do equipamento. Entretanto a pesquisa não encontrou o sensor ideal para tal aplicação, pois houve um desgaste significativo das hastes dos sensores após 15 horas de uso contínuo.

A validação das leituras realizadas através da realização de um processo de calibração foi de grande importância para o trabalho, pois exibiu o comportamento do solo e da placa de controle de forma visual, expondo curva das leituras específicas do solo estudado. Durante a realização dos testes foi possível observar que as leituras registradas pelo sistema apresentaram grande variação. Um dos fatores observados foi o método de instalação dos sensores no solo, em situações onde a umidade do solo estava em 10% ou menos, as variações foram mais intensas.

Como sugestão de trabalhos futuros o sistema pode ser melhorado com a padronização da instalação dos sensores no solo, bem como a utilização de baterias para a alimentação do sistema e a realização de um estudo aprofundado das especificações de construção dos sensores escolhidos, bem como a possibilidade de realizar o tratamento dos dados a partir da criação de uma função matemática baseada nos dados coletados na calibração.

Portanto conclui se que o controle da irrigação é uma maneira efetiva de reduzir de custos e aumentar a produtividade no campo, também pode se dizer que o protótipo criado é capaz de realizar o controle da irrigação de forma assertiva, podendo contribuir de forma significativa na redução da mão de obra voltada a verificações presenciais nos canteiros.

REFERÊNCIAS

CAPELLI, Alexandre; **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2013.

FONSECA, S.O. et al.; **Avaliação do método do forno elétrico para a determinação de umidade do solo em relação ao método padrão de estufa**. Alegre ES, 2010. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0213_0309_01.pdf

GIL, Antonio Carlos; **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. 11. reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antonio Carlos; **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIMENEZ, Salvador Pinillos; **Microcontroladores 8051: conceitos, operação, fluxogramas e programação**. São Paulo: Érica, 2015.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de andrade; **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7. ed. 7. reimp. São Paulo: Atlas, 2012.

MARCONI, Marina de andrade; LAKATOS, Eva Maria; **Técnicas de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Washington Luiz de Carvalho e; SILVA, Henoque Ribeiro da; **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1996.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Washington Luiz de Carvalho e; SILVA, Henoque Ribeiro da; **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Washington Luiz de Carvalho e; Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. **Circular Técnica**. 2. ed. Brasília, DF, p.53-56, dez. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75698/1/ct-98.pdf>. Acesso em: 09 set. 2020.

MATARIC, Maja J. **Introdução a robótica**. São Paulo: Unesp/Blucher, 2014.

NETAFIM. **Porque as plantas preferem a irrigação por gotejamento?**. Disponível em: <https://www.netafim.com.br/irrigacao-por-gotejamento/> Acesso em: 14/11/2020

PEREIRA, Rodrigo Martins, et al. **Determinação da capacidade de campo por método “in situ” e determinação da densidade do solo, visando melhorias no manejo de irrigação no IFES**. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. Vale do Paraíba, out. 2017. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/RE_1035_0894_01.pdf. Acesso em 10 nov. 2020.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de; **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMOS, Maria Júlia. **Radar HF – Novidades do setor hortifrutícola**. Anuário 2019-2020 Um canal de comunicação direto com o produtor. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2019-2020-retrospectiva-2019-perspectivas-2020-dos-hf-s.aspx>. Acesso em 15/11/2020.

SANTOS NETO, Pedro Murrieta; **Mecânica dos solos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SOUZA, Valdemício Ferreira de; et al. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE – A: Programação Final

```

#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#define sensor1 A0
#define sensor2 A2
#define sensor3 A4

float leituras[3];

File myFile;
int i = 0;
int pinoSD = 10;

void sdbegin () {
  if (SD.begin()) {
    myFile = SD.open("DADOS.csv", FILE_WRITE); // Cria / Abre arquivo .csv
    myFile.close(); // Fecha o Arquivo após escrever
    Serial.println("abriu");
  }
  else {
    Serial.print("Falha ao iniciar o cartão SD");
    Serial.println("");
  }
}

void gravar () {
  myFile = SD.open("DADOS.csv", FILE_WRITE);
  myFile.print(i);
  myFile.print(";");
  myFile.print(leituras[0]);
  myFile.print(";");
  myFile.print(leituras[1]);
  myFile.print(";");
  myFile.println(leituras[2]);
  myFile.close(); // Fecha o Arquivo após escrever
}

void irrigar(){
  float media;
  media = ((leituras[0]+leituras[1]+leituras[3])/3);

  if (media <= 29){
    digitalWrite(2, HIGH); // ativa o relé
    delay(10000);          // espera por dez segundos
    digitalWrite(2, LOW);  // desativa o pino digital 2
  }
}

```

```

void classificar() {
  for (int i = 0; i < 3; i++) {
    if (leituras[i] >= 263) {
      leituras[i] = map(leituras[i], 263, 499, 480, 0);
    }
    else if (leituras[i] >= 193 && leituras[i] < 263) {
      leituras[i] = map(leituras[i], 193, 262, 960, 480);
    }
    else if (leituras[i] >= 176 && leituras[i] < 193) {
      leituras[i] = map(leituras[i], 176, 192, 1440, 960);
    }
    else if (leituras[i] >= 169 && leituras[i] < 176) {
      leituras[i] = map(leituras[i], 169, 175, 1910, 1440);
    }
    else if (leituras[i] >= 167 && leituras[i] < 169) {
      leituras[i] = map(leituras[i], 167, 168, 2390, 1910);
    }
    else if (leituras[i] >= 165 && leituras[i] < 167) {
      leituras[i] = map(leituras[i], 165, 166, 2870, 2390);
    }
    else if (leituras[i] >= 160 && leituras[i] < 165) {
      leituras[i] = map(leituras[i], 160, 164, 3210, 2870);
    }
    else {
      leituras[i] = map(leituras[i], 0, 159, 10000, 3210);
    }
    leituras[i] = leituras[i] / 100;

    Serial.println(leituras[i]);
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinoSD, OUTPUT); // Declara pinoSS como saída
  sdbegin(); // Testa o cartão SD
}

void loop() {
  leituras[0] = (analogRead(sensor1) * 0.0048828125 * 100);
  leituras[1] = (analogRead(sensor2) * 0.0048828125 * 100);
  leituras[2] = (analogRead(sensor3) * 0.0048828125 * 100);

  i++;
  classificar();
  gravar();
  irrigar();
  delay(5000);
}

```

APÊNDICE – B: Programação utilizada na calibração.

```

#include <SD.h>
#include <SPI.h>

File myFile; //DEFININDO "APELIDO" PARA CHAMAR O ARQUIVO
int i = 0; //VARIÁVEL DE ARMAZENAMENTO DA QUANTIDADE DE LEITURAS REALIZADAS
int pinoSS = 10;

const int pinoSensor1 = A0; // PINO UTILIZADO PELO SENSOR DE UMIDADE 1
const int pinoSensor2 = A2; // PINO UTILIZADO PELO SENSOR DE UMIDADE 2
const int pinoSensor3 = A4; // PINO UTILIZADO PELO SENSOR DE UMIDADE 3
float sensor1;
float sensor2;
float sensor3;

void sdbegin (){
  if (SD.begin()) {
    myFile = SD.open("DADOS.csv", FILE_WRITE); // Cria / Abre arquivo .txt
    myFile.close(); // Fecha o Arquivo após escrever
    Serial.write(" CARTÃO SD OK ");
  }
  else {
    Serial.write(" FALHA AO INICIAR SD ");
    sdbegin();
  }
}

void gravar (){
  myFile = SD.open("DADOS.csv", FILE_WRITE);
  myFile.print(i);
  myFile.print(";");
  myFile.print(sensor1);
  myFile.print(";");
  myFile.print(sensor2);
  myFile.print(";");
  myFile.println(sensor3);
  myFile.close(); // Fecha o Arquivo após escrever
  Serial.print("gravou");
}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinoSS, OUTPUT); // Declara pinoSS como saída
  sdbegin();
}

void loop() {

  sensor1 = analogRead(pinoSensor1);
  sensor2 = analogRead(pinoSensor2);
  sensor3 = analogRead(pinoSensor3);

  i++;
  gravar();
  delay(1000);
}

```

APÊNDICE – C: Dados coletados na calibração

Fase	Leitura	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Média	Volume de água adicionado (ml)	massa da amostra (g)	Percentual de água no solo
1	90	499	499	499	499	0	1045	0,0
1	1	499	499	499	499	50	1095	4,8
1	2	272	222	190	228	50	1095	4,8
1	3	278	215	206	233	50	1095	4,8
1	4	271	214	209	231	50	1095	4,8
1	5	267	214	211	231	50	1095	4,8
1	6	266	215	213	231	50	1095	4,8
1	7	266	216	215	232	50	1095	4,8
1	8	266	217	217	233	50	1095	4,8
1	9	267	218	219	235	50	1095	4,8
1	10	268	218	220	235	50	1095	4,8
1	11	268	219	221	236	50	1095	4,8
1	12	270	220	222	237	50	1095	4,8
1	13	271	220	223	238	50	1095	4,8
1	14	273	220	223	239	50	1095	4,8
1	15	274	221	224	240	50	1095	4,8
1	16	274	222	225	240	50	1095	4,8
1	17	275	222	226	241	50	1095	4,8
1	18	275	222	226	241	50	1095	4,8
1	19	276	222	227	242	50	1095	4,8
1	20	277	223	228	243	50	1095	4,8
1	21	277	223	228	243	50	1095	4,8
1	22	277	224	229	243	50	1095	4,8
1	23	278	224	229	244	50	1095	4,8
1	24	278	225	230	244	50	1095	4,8
1	25	279	225	230	245	50	1095	4,8
1	26	280	225	231	245	50	1095	4,8
1	27	280	225	231	245	50	1095	4,8
1	28	281	226	231	246	50	1095	4,8
1	29	281	225	231	246	50	1095	4,8
1	30	281	226	231	246	50	1095	4,8
1	31	281	226	232	246	50	1095	4,8
1	32	282	226	233	247	50	1095	4,8
1	33	282	227	233	247	50	1095	4,8
1	34	283	227	234	248	50	1095	4,8
1	35	283	227	234	248	50	1095	4,8
1	36	284	228	234	249	50	1095	4,8
1	37	284	228	235	249	50	1095	4,8
1	38	284	228	235	249	50	1095	4,8

1	39	285	229	236	250	50	1095	4,8
1	40	285	229	236	250	50	1095	4,8
1	41	285	229	237	250	50	1095	4,8
1	42	285	229	237	250	50	1095	4,8
1	43	286	229	238	251	50	1095	4,8
1	44	286	229	238	251	50	1095	4,8
1	45	286	230	239	252	50	1095	4,8
1	46	286	230	240	252	50	1095	4,8
1	47	286	230	240	252	50	1095	4,8
1	48	287	231	240	253	50	1095	4,8
1	49	287	231	241	253	50	1095	4,8
1	50	287	231	242	253	50	1095	4,8
1	51	288	232	242	254	50	1095	4,8
1	52	288	232	243	254	50	1095	4,8
1	53	288	232	243	254	50	1095	4,8
1	54	288	232	243	254	50	1095	4,8
1	55	288	233	244	255	50	1095	4,8
1	56	289	233	244	255	50	1095	4,8
1	57	288	233	244	255	50	1095	4,8
1	58	289	234	245	256	50	1095	4,8
1	59	289	234	245	256	50	1095	4,8
1	60	289	234	245	256	50	1095	4,8
1	61	290	234	246	257	50	1095	4,8
1	62	290	234	246	257	50	1095	4,8
1	63	290	235	247	257	50	1095	4,8
1	64	291	235	247	258	50	1095	4,8
1	65	291	235	247	258	50	1095	4,8
1	66	291	235	248	258	50	1095	4,8
1	67	291	236	248	258	50	1095	4,8
1	68	291	236	249	259	50	1095	4,8
1	69	291	236	249	259	50	1095	4,8
1	70	291	236	250	259	50	1095	4,8
1	71	291	236	250	259	50	1095	4,8
1	72	292	237	250	260	50	1095	4,8
1	73	292	237	250	260	50	1095	4,8
1	74	292	237	250	260	50	1095	4,8
1	75	292	237	251	260	50	1095	4,8
1	76	293	238	251	261	50	1095	4,8
1	77	293	238	251	261	50	1095	4,8
1	78	293	238	251	261	50	1095	4,8
1	79	293	238	252	261	50	1095	4,8
1	80	293	239	252	261	50	1095	4,8
1	81	293	239	252	261	50	1095	4,8
1	82	294	239	253	262	50	1095	4,8
1	83	293	239	253	262	50	1095	4,8

1	84	294	240	253	262	50	1095	4,8
1	85	294	239	253	262	50	1095	4,8
1	86	295	240	254	263	50	1095	4,8
1	87	295	240	254	263	50	1095	4,8
1	88	295	240	254	263	50	1095	4,8
1	89	295	240	254	263	50	1095	4,8
1	90	295	240	254	263	50	1095	4,8
2	1	283	229	241	251	100	1145	9,6
2	2	198	180	166	181	100	1145	9,6
2	3	197	167	141	168	100	1145	9,6
2	4	194	167	141	167	100	1145	9,6
2	5	193	168	143	168	100	1145	9,6
2	6	194	169	145	169	100	1145	9,6
2	7	194	169	145	169	100	1145	9,6
2	8	194	170	145	170	100	1145	9,6
2	9	194	170	145	170	100	1145	9,6
2	10	194	170	145	170	100	1145	9,6
2	11	195	171	145	170	100	1145	9,6
2	12	196	172	146	171	100	1145	9,6
2	13	196	172	147	172	100	1145	9,6
2	14	197	173	148	173	100	1145	9,6
2	15	197	173	149	173	100	1145	9,6
2	16	198	173	150	174	100	1145	9,6
2	17	198	174	150	174	100	1145	9,6
2	18	199	174	151	175	100	1145	9,6
2	19	199	174	152	175	100	1145	9,6
2	20	200	174	152	175	100	1145	9,6
2	21	200	175	153	176	100	1145	9,6
2	22	201	175	153	176	100	1145	9,6
2	23	202	176	154	177	100	1145	9,6
2	24	202	176	154	177	100	1145	9,6
2	25	202	176	155	178	100	1145	9,6
2	26	203	176	155	178	100	1145	9,6
2	27	203	177	156	179	100	1145	9,6
2	28	203	177	156	179	100	1145	9,6
2	29	204	177	156	179	100	1145	9,6
2	30	204	177	157	179	100	1145	9,6
2	31	205	177	157	180	100	1145	9,6
2	32	205	177	157	180	100	1145	9,6
2	33	205	178	158	180	100	1145	9,6
2	34	206	178	158	181	100	1145	9,6
2	35	206	178	159	181	100	1145	9,6
2	36	206	178	159	181	100	1145	9,6
2	37	207	179	160	182	100	1145	9,6
2	38	207	179	160	182	100	1145	9,6

2	39	207	179	160	182	100	1145	9,6
2	40	208	179	161	183	100	1145	9,6
2	41	208	179	161	183	100	1145	9,6
2	42	208	180	162	183	100	1145	9,6
2	43	208	180	162	183	100	1145	9,6
2	44	209	180	162	184	100	1145	9,6
2	45	209	180	163	184	100	1145	9,6
2	46	209	180	163	184	100	1145	9,6
2	47	209	180	163	184	100	1145	9,6
2	48	210	181	164	185	100	1145	9,6
2	49	210	181	164	185	100	1145	9,6
2	50	210	181	164	185	100	1145	9,6
2	51	210	181	165	185	100	1145	9,6
2	52	210	181	165	185	100	1145	9,6
2	53	211	181	165	186	100	1145	9,6
2	54	211	182	166	186	100	1145	9,6
2	55	211	182	166	186	100	1145	9,6
2	56	211	182	166	186	100	1145	9,6
2	57	211	182	166	186	100	1145	9,6
2	58	212	182	166	187	100	1145	9,6
2	59	212	183	166	187	100	1145	9,6
2	60	212	183	167	187	100	1145	9,6
2	61	212	183	167	187	100	1145	9,6
2	62	213	183	167	188	100	1145	9,6
2	63	213	183	168	188	100	1145	9,6
2	64	213	183	168	188	100	1145	9,6
2	65	213	183	168	188	100	1145	9,6
2	66	213	184	168	188	100	1145	9,6
2	67	213	184	169	189	100	1145	9,6
2	68	213	184	169	189	100	1145	9,6
2	69	214	184	169	189	100	1145	9,6
2	70	214	184	170	189	100	1145	9,6
2	71	214	184	170	189	100	1145	9,6
2	72	214	185	170	190	100	1145	9,6
2	73	214	185	170	190	100	1145	9,6
2	74	215	185	171	190	100	1145	9,6
2	75	215	185	171	190	100	1145	9,6
2	76	215	186	171	191	100	1145	9,6
2	77	215	185	172	191	100	1145	9,6
2	78	215	186	172	191	100	1145	9,6
2	79	216	186	172	191	100	1145	9,6
2	80	216	186	173	192	100	1145	9,6
2	81	216	186	173	192	100	1145	9,6
2	82	216	186	173	192	100	1145	9,6
2	83	216	186	173	192	100	1145	9,6

2	84	217	187	174	193	100	1145	9,6
2	85	217	187	174	193	100	1145	9,6
2	86	217	187	174	193	100	1145	9,6
2	87	217	187	174	193	100	1145	9,6
2	88	217	187	174	193	100	1145	9,6
2	89	217	187	174	193	100	1145	9,6
2	90	217	187	174	193	100	1145	9,6
3	1	200	169	157	175	150	1195	14,4
3	2	167	150	135	151	150	1195	14,4
3	3	169	150	134	151	150	1195	14,4
3	4	170	151	135	152	150	1195	14,4
3	5	171	151	136	153	150	1195	14,4
3	6	172	152	137	154	150	1195	14,4
3	7	173	153	138	155	150	1195	14,4
3	8	173	154	140	156	150	1195	14,4
3	9	174	155	141	157	150	1195	14,4
3	10	175	156	142	158	150	1195	14,4
3	11	176	156	142	158	150	1195	14,4
3	12	176	156	143	158	150	1195	14,4
3	13	177	157	144	159	150	1195	14,4
3	14	177	157	144	159	150	1195	14,4
3	15	177	157	145	160	150	1195	14,4
3	16	178	158	145	160	150	1195	14,4
3	17	178	158	145	160	150	1195	14,4
3	18	179	159	146	161	150	1195	14,4
3	19	179	159	146	161	150	1195	14,4
3	20	179	159	147	162	150	1195	14,4
3	21	180	159	147	162	150	1195	14,4
3	22	180	159	148	162	150	1195	14,4
3	23	180	160	148	163	150	1195	14,4
3	24	181	160	149	163	150	1195	14,4
3	25	181	160	149	163	150	1195	14,4
3	26	181	160	149	163	150	1195	14,4
3	27	182	161	150	164	150	1195	14,4
3	28	182	161	150	164	150	1195	14,4
3	29	182	161	151	165	150	1195	14,4
3	30	182	161	151	165	150	1195	14,4
3	31	183	162	151	165	150	1195	14,4
3	32	183	162	152	166	150	1195	14,4
3	33	184	162	152	166	150	1195	14,4
3	34	184	162	153	166	150	1195	14,4
3	35	184	163	153	167	150	1195	14,4
3	36	184	163	153	167	150	1195	14,4
3	37	184	163	154	167	150	1195	14,4
3	38	185	163	154	167	150	1195	14,4

3	39	185	163	154	167	150	1195	14,4
3	40	185	164	154	168	150	1195	14,4
3	41	185	164	155	168	150	1195	14,4
3	42	186	164	155	168	150	1195	14,4
3	43	186	164	155	168	150	1195	14,4
3	44	186	164	156	169	150	1195	14,4
3	45	186	165	156	169	150	1195	14,4
3	46	187	165	156	169	150	1195	14,4
3	47	187	165	157	170	150	1195	14,4
3	48	187	165	157	170	150	1195	14,4
3	49	187	165	157	170	150	1195	14,4
3	50	187	165	157	170	150	1195	14,4
3	51	187	165	158	170	150	1195	14,4
3	52	187	166	158	170	150	1195	14,4
3	53	187	166	158	170	150	1195	14,4
3	54	188	166	158	171	150	1195	14,4
3	55	188	166	158	171	150	1195	14,4
3	56	188	166	159	171	150	1195	14,4
3	57	188	166	159	171	150	1195	14,4
3	58	188	166	159	171	150	1195	14,4
3	59	188	166	159	171	150	1195	14,4
3	60	189	166	160	172	150	1195	14,4
3	61	189	166	160	172	150	1195	14,4
3	62	189	166	160	172	150	1195	14,4
3	63	189	167	160	172	150	1195	14,4
3	64	189	167	161	172	150	1195	14,4
3	65	189	167	161	172	150	1195	14,4
3	66	189	167	161	172	150	1195	14,4
3	67	190	167	161	173	150	1195	14,4
3	68	190	167	162	173	150	1195	14,4
3	69	190	168	162	173	150	1195	14,4
3	70	190	168	162	173	150	1195	14,4
3	71	191	168	162	174	150	1195	14,4
3	72	191	168	162	174	150	1195	14,4
3	73	191	168	163	174	150	1195	14,4
3	74	191	168	163	174	150	1195	14,4
3	75	191	168	163	174	150	1195	14,4
3	76	191	168	163	174	150	1195	14,4
3	77	191	168	163	174	150	1195	14,4
3	78	191	169	164	175	150	1195	14,4
3	79	191	169	164	175	150	1195	14,4
3	80	192	169	164	175	150	1195	14,4
3	81	192	169	164	175	150	1195	14,4
3	82	192	169	165	175	150	1195	14,4
3	83	192	170	165	176	150	1195	14,4

3	84	192	169	165	175	150	1195	14,4
3	85	192	169	165	175	150	1195	14,4
3	86	192	170	165	176	150	1195	14,4
3	87	192	170	166	176	150	1195	14,4
3	88	193	170	166	176	150	1195	14,4
3	89	193	170	166	176	150	1195	14,4
3	90	193	170	166	176	150	1195	14,4
4	1	186	164	159	170	200	1245	19,1
4	2	156	142	133	144	200	1245	19,1
4	3	160	147	136	148	200	1245	19,1
4	4	162	149	138	150	200	1245	19,1
4	5	162	149	139	150	200	1245	19,1
4	6	162	150	140	151	200	1245	19,1
4	7	163	150	140	151	200	1245	19,1
4	8	163	151	141	152	200	1245	19,1
4	9	163	152	142	152	200	1245	19,1
4	10	164	152	142	153	200	1245	19,1
4	11	164	152	143	153	200	1245	19,1
4	12	164	153	143	153	200	1245	19,1
4	13	164	153	144	154	200	1245	19,1
4	14	165	154	145	155	200	1245	19,1
4	15	165	154	145	155	200	1245	19,1
4	16	166	154	145	155	200	1245	19,1
4	17	166	155	146	156	200	1245	19,1
4	18	166	155	146	156	200	1245	19,1
4	19	166	155	147	156	200	1245	19,1
4	20	166	155	147	156	200	1245	19,1
4	21	167	156	148	157	200	1245	19,1
4	22	167	156	148	157	200	1245	19,1
4	23	167	156	149	157	200	1245	19,1
4	24	167	156	149	157	200	1245	19,1
4	25	167	157	150	158	200	1245	19,1
4	26	168	157	150	158	200	1245	19,1
4	27	168	157	150	158	200	1245	19,1
4	28	168	157	150	158	200	1245	19,1
4	29	168	158	151	159	200	1245	19,1
4	30	168	158	151	159	200	1245	19,1
4	31	168	158	151	159	200	1245	19,1
4	32	169	158	152	160	200	1245	19,1
4	33	169	158	152	160	200	1245	19,1
4	34	169	159	153	160	200	1245	19,1
4	35	169	159	153	160	200	1245	19,1
4	36	169	159	153	160	200	1245	19,1
4	37	169	159	154	161	200	1245	19,1
4	38	169	159	154	161	200	1245	19,1

4	39	170	160	154	161	200	1245	19,1
4	40	170	160	154	161	200	1245	19,1
4	41	170	160	155	162	200	1245	19,1
4	42	170	160	155	162	200	1245	19,1
4	43	170	160	155	162	200	1245	19,1
4	44	171	160	155	162	200	1245	19,1
4	45	171	161	156	163	200	1245	19,1
4	46	171	161	156	163	200	1245	19,1
4	47	171	161	156	163	200	1245	19,1
4	48	171	161	157	163	200	1245	19,1
4	49	171	161	157	163	200	1245	19,1
4	50	171	162	157	163	200	1245	19,1
4	51	172	162	157	164	200	1245	19,1
4	52	172	162	158	164	200	1245	19,1
4	53	172	162	158	164	200	1245	19,1
4	54	172	162	158	164	200	1245	19,1
4	55	172	163	158	164	200	1245	19,1
4	56	173	163	159	165	200	1245	19,1
4	57	172	163	159	165	200	1245	19,1
4	58	173	163	159	165	200	1245	19,1
4	59	173	163	159	165	200	1245	19,1
4	60	173	163	160	165	200	1245	19,1
4	61	173	163	160	165	200	1245	19,1
4	62	173	163	160	165	200	1245	19,1
4	63	173	163	160	165	200	1245	19,1
4	64	173	164	161	166	200	1245	19,1
4	65	173	164	161	166	200	1245	19,1
4	66	173	164	161	166	200	1245	19,1
4	67	174	164	161	166	200	1245	19,1
4	68	174	164	161	166	200	1245	19,1
4	69	174	164	161	166	200	1245	19,1
4	70	174	165	162	167	200	1245	19,1
4	71	174	165	162	167	200	1245	19,1
4	72	174	165	162	167	200	1245	19,1
4	73	174	165	162	167	200	1245	19,1
4	74	174	165	163	167	200	1245	19,1
4	75	175	165	163	168	200	1245	19,1
4	76	175	165	163	168	200	1245	19,1
4	77	175	166	163	168	200	1245	19,1
4	78	175	165	163	168	200	1245	19,1
4	79	175	166	163	168	200	1245	19,1
4	80	175	166	164	168	200	1245	19,1
4	81	175	166	164	168	200	1245	19,1
4	82	175	166	164	168	200	1245	19,1
4	83	175	166	164	168	200	1245	19,1

4	84	175	166	164	168	200	1245	19,1
4	85	176	166	164	169	200	1245	19,1
4	86	176	166	164	169	200	1245	19,1
4	87	176	166	164	169	200	1245	19,1
4	88	176	166	164	169	200	1245	19,1
4	89	176	166	164	169	200	1245	19,1
4	90	176	166	164	169	200	1245	19,1
5	1	152	146	141	146	250	1295	23,9
5	2	156	150	144	150	250	1295	23,9
5	3	157	152	145	151	250	1295	23,9
5	4	158	152	146	152	250	1295	23,9
5	5	158	152	147	152	250	1295	23,9
5	6	159	153	147	153	250	1295	23,9
5	7	159	153	148	153	250	1295	23,9
5	8	159	153	148	153	250	1295	23,9
5	9	160	154	149	154	250	1295	23,9
5	10	160	154	149	154	250	1295	23,9
5	11	160	154	149	154	250	1295	23,9
5	12	161	154	150	155	250	1295	23,9
5	13	161	155	150	155	250	1295	23,9
5	14	162	155	151	156	250	1295	23,9
5	15	162	155	151	156	250	1295	23,9
5	16	162	155	151	156	250	1295	23,9
5	17	162	155	152	156	250	1295	23,9
5	18	163	156	152	157	250	1295	23,9
5	19	163	156	152	157	250	1295	23,9
5	20	163	156	152	157	250	1295	23,9
5	21	163	156	153	157	250	1295	23,9
5	22	163	157	153	158	250	1295	23,9
5	23	164	157	153	158	250	1295	23,9
5	24	164	157	154	158	250	1295	23,9
5	25	164	157	154	158	250	1295	23,9
5	26	164	157	154	158	250	1295	23,9
5	27	164	157	154	158	250	1295	23,9
5	28	165	158	154	159	250	1295	23,9
5	29	165	158	155	159	250	1295	23,9
5	30	165	158	155	159	250	1295	23,9
5	31	165	158	155	159	250	1295	23,9
5	32	165	158	155	159	250	1295	23,9
5	33	165	158	156	160	250	1295	23,9
5	34	166	158	156	160	250	1295	23,9
5	35	166	158	156	160	250	1295	23,9
5	36	166	158	156	160	250	1295	23,9
5	37	166	159	156	160	250	1295	23,9
5	38	166	159	157	161	250	1295	23,9

5	39	166	159	157	161	250	1295	23,9
5	40	166	159	157	161	250	1295	23,9
5	41	166	159	157	161	250	1295	23,9
5	42	166	160	158	161	250	1295	23,9
5	43	166	160	158	161	250	1295	23,9
5	44	166	160	158	161	250	1295	23,9
5	45	167	160	158	162	250	1295	23,9
5	46	167	160	159	162	250	1295	23,9
5	47	167	160	159	162	250	1295	23,9
5	48	167	160	159	162	250	1295	23,9
5	49	167	160	159	162	250	1295	23,9
5	50	168	161	160	163	250	1295	23,9
5	51	168	161	160	163	250	1295	23,9
5	52	168	161	160	163	250	1295	23,9
5	53	168	161	160	163	250	1295	23,9
5	54	168	161	160	163	250	1295	23,9
5	55	168	161	160	163	250	1295	23,9
5	56	168	161	161	163	250	1295	23,9
5	57	168	161	160	163	250	1295	23,9
5	58	168	162	161	164	250	1295	23,9
5	59	168	162	161	164	250	1295	23,9
5	60	168	161	161	163	250	1295	23,9
5	61	169	162	161	164	250	1295	23,9
5	62	169	162	162	164	250	1295	23,9
5	63	169	162	162	164	250	1295	23,9
5	64	169	162	162	164	250	1295	23,9
5	65	169	162	162	164	250	1295	23,9
5	66	169	162	163	165	250	1295	23,9
5	67	169	162	163	165	250	1295	23,9
5	68	169	162	163	165	250	1295	23,9
5	69	169	163	163	165	250	1295	23,9
5	70	170	163	163	165	250	1295	23,9
5	71	170	163	163	165	250	1295	23,9
5	72	170	163	164	166	250	1295	23,9
5	73	170	163	164	166	250	1295	23,9
5	74	170	163	164	166	250	1295	23,9
5	75	170	163	164	166	250	1295	23,9
5	76	170	163	164	166	250	1295	23,9
5	77	170	163	164	166	250	1295	23,9
5	78	170	163	165	166	250	1295	23,9
5	79	171	164	165	167	250	1295	23,9
5	80	170	163	165	166	250	1295	23,9
5	81	171	164	165	167	250	1295	23,9
5	82	171	164	165	167	250	1295	23,9
5	83	171	164	165	167	250	1295	23,9

5	84	171	164	165	167	250	1295	23,9
5	85	171	164	166	167	250	1295	23,9
5	86	171	164	166	167	250	1295	23,9
5	87	171	164	166	167	250	1295	23,9
5	88	171	164	166	167	250	1295	23,9
5	89	171	164	166	167	250	1295	23,9
5	90	171	164	166	167	250	1295	23,9
6	1	145	140	137	141	300	1345	28,7
6	2	154	150	146	150	300	1345	28,7
6	3	157	154	149	153	300	1345	28,7
6	4	157	155	151	154	300	1345	28,7
6	5	158	156	152	155	300	1345	28,7
6	6	158	156	152	155	300	1345	28,7
6	7	158	156	153	156	300	1345	28,7
6	8	159	156	153	156	300	1345	28,7
6	9	159	156	153	156	300	1345	28,7
6	10	159	157	154	157	300	1345	28,7
6	11	159	156	154	156	300	1345	28,7
6	12	159	156	154	156	300	1345	28,7
6	13	160	157	155	157	300	1345	28,7
6	14	159	157	155	157	300	1345	28,7
6	15	160	157	155	157	300	1345	28,7
6	16	160	157	155	157	300	1345	28,7
6	17	160	157	155	157	300	1345	28,7
6	18	160	157	156	158	300	1345	28,7
6	19	160	157	155	157	300	1345	28,7
6	20	160	157	156	158	300	1345	28,7
6	21	160	157	156	158	300	1345	28,7
6	22	160	157	155	157	300	1345	28,7
6	23	161	157	156	158	300	1345	28,7
6	24	161	158	156	158	300	1345	28,7
6	25	161	158	157	159	300	1345	28,7
6	26	161	158	157	159	300	1345	28,7
6	27	161	158	157	159	300	1345	28,7
6	28	161	158	157	159	300	1345	28,7
6	29	161	158	157	159	300	1345	28,7
6	30	161	158	158	159	300	1345	28,7
6	31	162	158	158	159	300	1345	28,7
6	32	162	159	158	160	300	1345	28,7
6	33	162	158	158	159	300	1345	28,7
6	34	162	158	158	159	300	1345	28,7
6	35	162	159	159	160	300	1345	28,7
6	36	162	159	159	160	300	1345	28,7
6	37	162	159	159	160	300	1345	28,7
6	38	162	159	159	160	300	1345	28,7

6	39	162	159	159	160	300	1345	28,7
6	40	162	159	159	160	300	1345	28,7
6	41	163	159	160	161	300	1345	28,7
6	42	163	159	160	161	300	1345	28,7
6	43	163	160	160	161	300	1345	28,7
6	44	163	159	160	161	300	1345	28,7
6	45	163	160	161	161	300	1345	28,7
6	46	163	160	161	161	300	1345	28,7
6	47	163	160	161	161	300	1345	28,7
6	48	164	160	161	162	300	1345	28,7
6	49	163	160	161	161	300	1345	28,7
6	50	164	160	161	162	300	1345	28,7
6	51	164	160	161	162	300	1345	28,7
6	52	164	160	162	162	300	1345	28,7
6	53	164	160	162	162	300	1345	28,7
6	54	164	160	162	162	300	1345	28,7
6	55	164	160	162	162	300	1345	28,7
6	56	164	160	162	162	300	1345	28,7
6	57	164	161	163	163	300	1345	28,7
6	58	164	160	162	162	300	1345	28,7
6	59	165	161	163	163	300	1345	28,7
6	60	164	160	163	162	300	1345	28,7
6	61	164	161	163	163	300	1345	28,7
6	62	164	161	163	163	300	1345	28,7
6	63	164	161	163	163	300	1345	28,7
6	64	165	161	164	163	300	1345	28,7
6	65	165	161	163	163	300	1345	28,7
6	66	165	161	164	163	300	1345	28,7
6	67	165	161	164	163	300	1345	28,7
6	68	165	161	164	163	300	1345	28,7
6	69	165	162	164	164	300	1345	28,7
6	70	165	162	164	164	300	1345	28,7
6	71	165	161	164	163	300	1345	28,7
6	72	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	73	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	74	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	75	165	161	165	164	300	1345	28,7
6	76	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	77	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	78	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	79	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	80	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	81	166	162	165	164	300	1345	28,7
6	82	166	162	166	165	300	1345	28,7
6	83	166	162	166	165	300	1345	28,7

6	84	166	162	166	165	300	1345	28,7
6	85	166	163	166	165	300	1345	28,7
6	86	166	163	166	165	300	1345	28,7
6	87	166	163	166	165	300	1345	28,7
6	88	166	163	166	165	300	1345	28,7
6	89	166	163	166	165	300	1345	28,7
6	90	166	163	166	165	300	1345	28,7
7	1	154	151	152	152	335	1380	32,1
7	2	152	148	146	149	335	1380	32,1
7	3	154	153	151	153	335	1380	32,1
7	4	155	154	153	154	335	1380	32,1
7	5	156	155	155	155	335	1380	32,1
7	6	156	155	155	155	335	1380	32,1
7	7	156	156	156	156	335	1380	32,1
7	8	156	156	156	156	335	1380	32,1
7	9	156	156	156	156	335	1380	32,1
7	10	156	156	156	156	335	1380	32,1
7	11	156	156	157	156	335	1380	32,1
7	12	157	156	157	157	335	1380	32,1
7	13	156	156	157	156	335	1380	32,1
7	14	157	156	157	157	335	1380	32,1
7	15	157	156	157	157	335	1380	32,1
7	16	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	17	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	18	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	19	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	20	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	21	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	22	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	23	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	24	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	25	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	26	157	156	158	157	335	1380	32,1
7	27	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	28	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	29	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	30	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	31	157	157	159	158	335	1380	32,1
7	32	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	33	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	34	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	35	157	156	159	157	335	1380	32,1
7	36	157	157	159	158	335	1380	32,1
7	37	157	157	159	158	335	1380	32,1
7	38	157	157	159	158	335	1380	32,1

7	39	158	157	160	158	335	1380	32,1
7	40	157	157	160	158	335	1380	32,1
7	41	157	157	160	158	335	1380	32,1
7	42	157	157	160	158	335	1380	32,1
7	43	157	157	160	158	335	1380	32,1
7	44	158	157	160	158	335	1380	32,1
7	45	158	157	160	158	335	1380	32,1
7	46	158	157	160	158	335	1380	32,1
7	47	158	157	160	158	335	1380	32,1
7	48	158	157	160	158	335	1380	32,1
7	49	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	50	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	51	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	52	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	53	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	54	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	55	158	158	161	159	335	1380	32,1
7	56	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	57	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	58	158	158	161	159	335	1380	32,1
7	59	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	60	158	158	161	159	335	1380	32,1
7	61	158	157	161	159	335	1380	32,1
7	62	158	158	161	159	335	1380	32,1
7	63	158	158	161	159	335	1380	32,1
7	64	158	158	162	159	335	1380	32,1
7	65	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	66	158	157	162	159	335	1380	32,1
7	67	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	68	158	158	162	159	335	1380	32,1
7	69	158	158	162	159	335	1380	32,1
7	70	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	71	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	72	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	73	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	74	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	75	159	158	162	160	335	1380	32,1
7	76	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	77	159	159	163	160	335	1380	32,1
7	78	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	79	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	80	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	81	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	82	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	83	159	159	163	160	335	1380	32,1

7	84	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	85	159	159	163	160	335	1380	32,1
7	86	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	87	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	88	159	158	163	160	335	1380	32,1
7	89	159	159	164	161	335	1380	32,1
7	90	159	158	164	160	335	1380	32,1

APÊNDICE – D: Valores lidos pelo sensor utilizando a programação personalizada.

Leitura	Valores lidos pelo sensor			Leitura	Valores lidos pelo sensor		
1	31	27	30	151	18	15	20
2	21	17	19	152	18	16	20
3	20	17	19	153	20	18	22
4	20	17	19	154	20	18	22
5	20	17	19	155	20	18	23
6	20	17	19	156	21	18	23
7	20	17	19	157	20	18	23
8	20	17	19	158	20	18	23
9	20	17	19	159	21	19	24
10	20	17	19	160	20	19	23
11	20	17	19	161	21	19	23
12	20	17	19	162	21	19	23
13	20	17	19	163	21	19	23
14	20	17	19	164	21	19	24
15	20	17	19	165	24	20	25
16	20	17	19	166	21	19	23
17	20	16	19	167	21	19	24
18	20	16	19	168	21	19	23
19	20	16	18	169	21	19	23
20	19	16	18	170	21	19	23
21	19	16	18	171	21	19	23
22	19	16	18	172	21	19	23
23	19	16	18	173	17	15	19
24	23	21	30	174	17	15	19
25	23	20	30	175	20	17	21
26	23	21	31	176	20	17	21
27	19	16	18	177	24	27	25
28	19	16	18	178	20	18	21
29	19	16	18	179	19	17	20
30	19	16	18	180	18	15	19
31	19	16	18	181	16	14	17
32	19	16	18	182	18	15	19

33	19	16	18	183	18	16	20
34	19	16	18	184	18	15	19
35	19	16	18	185	19	17	22
36	19	16	18	186	19	17	22
37	19	16	18	187	20	18	22
38	19	16	18	188	19	17	22
39	19	16	18	189	20	18	23
40	19	16	18	190	19	17	22
41	19	16	18	191	19	17	22
42	19	16	18	192	22	20	23
43	21	18	25	193	22	20	24
44	21	18	25	194	22	20	24
45	23	20	30	195	24	22	27
46	18	15	18	196	24	22	26
47	18	16	18	197	23	22	26
48	18	16	18	198	23	20	24
49	18	16	18	199	21	19	21
50	18	15	18	200	22	20	24
51	18	15	18	201	22	20	25
52	18	15	18	202	22	20	25
53	18	15	18	203	22	20	23
54	18	16	18	204	22	20	24
55	18	15	18	205	23	21	25
56	18	15	18	206	23	21	25
57	18	15	18	207	23	21	26
58	18	16	18	208	23	20	25
59	18	15	18	209	23	21	25
60	18	15	18	210	22	20	24
61	18	16	18	211	22	20	25
62	18	16	18	212	22	20	25
63	18	16	18	213	22	20	24
64	18	16	18	214	22	20	25
65	18	16	18	215	22	20	25
66	18	15	18	216	22	20	25
67	18	15	17	217	22	20	25
68	18	15	18	218	22	20	25
69	18	16	18	219	22	20	24
70	18	16	18	220	22	20	24
71	18	15	18	221	22	20	24
72	18	16	18	222	22	20	24
73	18	16	18	223	21	19	22
74	18	15	18	224	22	19	24
75	18	15	18	225	22	19	23
76	18	15	18	226	22	20	24
77	18	15	18	227	22	20	24

78	18	15	18	228	22	20	24
79	18	15	18	229	22	19	24
80	18	15	18	230	22	19	24
81	18	15	18	231	20	18	21
82	17	15	17	232	21	19	22
83	17	15	18	233	20	18	21
84	17	15	17	234	20	18	21
85	17	15	17	235	20	18	21
86	17	15	17	236	20	18	22
87	17	15	18	237	20	18	21
88	17	15	17	238	19	17	21
89	17	15	17	239	19	17	20
90	17	15	17	240	19	17	20
91	17	15	17	241	11	9	13
92	17	15	18	242	12	10	14
93	17	15	18	243	14	12	15
94	17	14	17	244	14	12	15
95	17	15	18	245	15	13	16
96	17	15	17	246	14	13	16
97	17	14	17	247	14	12	16
98	17	14	17	248	14	12	17
99	16	14	17	249	14	12	16
100	16	14	17	250	14	12	16
101	17	15	18	251	14	12	17
102	8	6	9	252	12	10	14
103	8	6	8	253	11	9	14
104	8	6	9	254	10	8	12
105	7	5	7	255	8	6	9
106	8	6	9	256	7	5	7
107	8	6	9	257	5	3	6
108	8	6	9	258	7	5	8
109	8	6	9	259	7	4	7
110	8	6	10	260	5	3	5
111	8	7	10	261	7	5	8
112	16	14	17	262	4	2	6
113	15	13	17	263	11	9	12
114	16	14	18	264	14	12	15
115	16	14	17	265	15	13	17
116	16	14	18	266	16	14	19
117	15	13	17	267	16	14	19
118	16	14	17	268	16	14	19
119	16	14	18	269	15	13	19
120	16	14	19	270	14	13	19
121	17	15	20	271	15	13	19
122	17	15	19	272	14	12	18

123	17	15	20	273	16	14	20
124	17	15	20	274	16	14	20
125	17	15	19	275	18	15	22
126	17	15	20	276	17	15	22
127	17	15	20	277	17	15	21
128	18	16	20	278	17	14	20
129	18	16	21	279	17	15	21
130	18	16	21	280	17	15	21
131	19	17	21	281	17	15	22
132	18	16	20	282	19	17	28
133	18	16	20	283	17	15	23
134	18	16	21	284	18	16	24
135	18	16	20	285	18	15	23
136	17	14	19	286	18	15	23
137	17	14	18	287	18	15	24
138	17	15	19	288	18	15	23
139	17	15	19	289	18	16	23
140	17	15	20	290	18	15	23
141	19	18	21	291	17	15	23
142	17	15	19	292	17	15	23
143	17	15	20	293	18	16	23
144	17	15	19	294	32	54	35
145	17	15	19	295	39	70	40
146	17	15	19	296	38	69	40
147	17	15	20	297	35	63	37
148	17	15	20	298	37	68	39
149	17	15	20	299	40	80	42
150	17	15	20	300	40	80	42

Fonte: Autor 2020.

ANEXO

ANEXO – A: Análise química do solo

Sociedade Educacional Três de Maio - SETREM
Central de Laboratórios - Laboratório de Análise de Solos

Av. Santa Rosa, 2405 - Centro
CEP: 98910-000 - Três de Maio/RS
Fone: (55) 3535-4624
Email: labsolo@setrem.com.br



LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO

Nome: Igor Angelin

Localidade: Rua Triunfo / nº 539

Data Recebimento: 10/11/2020

Município: Horizontina

Data de Expedição: 18/11/2020

Amostra N°	Área (ha)	Argila %	Classe Textural	pH H ₂ O 1:1	Índice SMP	M.O. %	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
							mg L ⁻¹		Cmol _c L ⁻¹			
49162	-	62	1	6,2	6,3	3,9	22,5	120	7,0	2,4	0,0	3,0

Amostra N°	CTC (cmol _c L ⁻¹)		Saturação (%)		S	B	Cu	Zn	Mn	Mo	Fe	Na
	Efetiva	pH _{7,0}	Bases	Al	mg L ⁻¹						%	
49162	9,7	12,7	75,8	0,0	5,5	0,4	8,8	16,0	24,8	N.D	N.D	N.D

Amostra N°	Identificação
49162	A01

Observações




Paulo André Klarmann
Eng^o Agrônomo
CREA 46828
Responsável Técnico



ANEXO – B: Análise física do solo

Sociedade Educacional Três de Maio - SETREM
Central de Laboratórios - Laboratório de Análise de Solos

Av. Santa Rosa, 2405 - Centro
 CEP 98910-000 - Três de Maio / RS
 Fone: (55) 3535-4624
 Email: labsolo@setrem.com.br


LAUDO DE ANÁLISE FÍSICA DO SOLO

Nome: Igor Angelin

Localidade: Rua Triúnfo / nº 539

Data Recebimento: 10/11/2020

Município: Horizontina

Data de Expedição: 18/11/2020

Amostra Nº	Área (ha)	Profundidade (cm)	Teor (%)			Tipo de Solo*
			Argila	Silte	Areia	
49163	-	0 - 50 cm	36	35	29	3

(*): O tipo de solo baseia-se nos teores de argila e areia da amostra encaminhada ao laboratório e classificado de acordo com a instrução normativa nº2, de 09/10/2008-MAPA

Amostra Nº	Identificação
49163	A01

Observações




Paulo André Klarmann
 Engº Agrônomo
 CREA 46828
 Responsável Técnico

