

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS GUARAPUAVA
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

ISAIAS TERNOSKI

**SISTEMA MICROCONTROLADO DE GERENCIAMENTO DAS
CONDIÇÕES DE SOLO E CULTIVO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**GUARAPUAVA
2018**

ISAIAS TERNOSKI

**SISTEMA MICROCONTROLADO DE GERENCIAMENTO DAS
CONDIÇÕES DE SOLO E CULTIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Manutenção Industrial da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MS.c. João Dallamuta
Co orientador: Prof. MS.c. Marcelo Granza

GUARAPUAVA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

SISTEMA MICROCONTROLADO DE GERENCIAMENTO DAS CONDIÇÕES DE SOLO E CULTIVO

por

ISAIAS TERNOSKI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 04 de dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, em Tecnologia em Manutenção Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado

João Luiz Dallamuta Lopes
Prof.(a) Orientador(a)

Marcelo Henrique Granza
Membro titular

Henrique Ajuz Holzmann
Membro titular

Henrique Ajuz Holzmann
Coordenador do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos que de certa forma estiveram presentes nesta etapa, é claro que não lembrarei o nome de todos, mas você, colega de curso, amigos, familiares, que de certa forma me deram uma palavra de incentivo um gesto de apoio durante o curso, o meu muito obrigado.

Agradeço a minha família, mãe, irmãos, tios, pelo apoio e incentivo aos estudos, mas em especial ao meu irmão Januário Ternoski, por abrir as portas da sua casa, durante todo o período do curso.

Ao meu irmão Simão Ternoski por estar presente em todos os momentos que precisei, desde o meu ingresso na universidade até agora na conclusão do curso. Muito obrigado.

Agradeço ao Prof. Msc. Henrique Ajuz Holzmann, pela ajuda na forma de como pensar, para se chegar ao tema do trabalho.

Agradeço ao Prof. Msc. Marcelo Graza, por fazer parte deste trabalho na coorientação do mesmo.

Agradeço em especial ao meu orientador Prof. Msc. João Dallamuta, pelo aceite e disposição de estar me orientando neste trabalho.

E por fim a Deus por permitir agradecer a todos que estiveram neste momento da minha vida.

RESUMO

TERNOSKI, Isaias. **Sistema Microcontrolado De Gerenciamento Das Condições De Solo E Cultivo**: 2018. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Manutenção Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2018.

O estudo busca desenvolver um sistema de gerenciamento de solo para cultivo que permita o controle da irrigação. A motivação da pesquisa se deu em desenvolver um sistema capaz de beneficiar as pessoas no que se referente a criar facilidades para as tarefas de rotina diária. Propõe-se a criação de um sistema com objetivo geral, que seja capaz de controlar e gerenciar a umidade e realizar leitura de pH do solo, com baixo custo e fácil aplicação e manuseio, utilizando para isso a tecnologia da plataforma Arduino como microcontrolador. O desenvolvimento deste sistema tem intuito de proporcionar a redução de custos relacionados ao cultivo de pequenas plantações. Visando isto, o projeto terá a função de ajuda no controle sobre os cultivos, retirando a obrigação que era das pessoas e passando para o protótipo. A formulação disso tudo será a criação de um protótipo com base no Arduino para automação do controle de um sistema de irrigação por gotejamento, criando uma linguagem de programação para inserção no arduino para o controle do processo em questão, uma placa auxiliar para amplificação de sinal e controle da bomba, a qual tem a função de medir as variáveis de luminosidade, umidade e pH, as quais serão administradas pelo arduino o qual é o responsável pela tomada de ações.

Palavras-chave: Microcontrolado. Solo. Arduino.

ABSTRACT

TERNOSKI, Isaias. **Sistema Microcontrolado De Gerenciamento Das Condições De Solo E Cultivo**: 2018. 45 f. Work of Conclusion Course (Graduation in industrial maintenance technology) - Federal Technology University - Paraná. Guarapuava, 2018.

The study seeks to develop a soil management system for cultivation that allows irrigation control. The motivation of the research was to develop a system capable of benefiting people in terms of creating facilities for daily routine tasks. It is proposed the creation of a system with a general objective, which is able to control and manage humidity and perform pH reading of the soil, with low cost and easy application and management, using the technology of the Arduino platform as a microcontroller. The development of this system has the purpose of providing the reduction of costs related to the cultivation of small plantations. For this, the project will have the function of helping control crops, removing the obligation that was of the people and going to the prototype. The formulation of all this will be the creation of a prototype based on the Arduino for automation of the control of a drip irrigation system, creating a programming language for insertion into the arduino for the control of the process in question, an auxiliary plate for amplification signal and control of the pump, which has the function of measuring the variables of luminosity, humidity and pH, which will be managed by the arduino which is responsible for taking actions.

Keywords: Microcontrolled. Ground. Arduino.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Sistema de irrigação por superfície	20
Figura 02 – Sistema de irrigação por sulcos	21
Figura 03 – Sistema de irrigação por inundação	21
Figura 04 – Sistema de irrigação por aspersão	22
Figura 05 – Sistema de irrigação localizada.....	23
Figura 06 – Sistema de irrigação por micro aspersão	24
Figura 07 – Sistema de Irrigação por Gotejamento no cultivo de melão	25
Figura 08 – Arduino Uno	28
Figura 09 – Arduino mega	29
Figura 10 – Software de programação	31
Figura 11 – Eletrodo de vidro	34
Figura 12 – Sensor de Umidade, pH e Luminosidade.....	36
Figura 13 – Diagrama elétrico do Sensor	37
Figura 14 – Diagrama de blocos sistema	38
Figura 15 – Bomba.....	39
Figura 16 – Esquema elétrico placa auxiliar.....	40
Figura 17 – Figura do Protótipo.....	42
Figura 18 – Figura do luxímetro	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Especificações Arduino uno	28
Quadro 02 – Especificações Arduino mega	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBEJTIVO GERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 AUTOMAÇÃO	16
2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO	17
2.2 UMIDADE DO SOLO.....	18
2.3 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO	19
2.3.1 Irrigação de Superfície	19
2.3.2 Irrigação por Sulcos	20
2.3.3 Irrigação por Inundação.....	21
2.3.4 Irrigação por Aspersão	22
2.3.5 Irrigação Localizada	23
2.3.6 Micro Aspersão	24
2.3.7 Irrigação por Gotejamento.....	24
2.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	25
2.5 PLATAFORMA ARDUINO.....	26
2.5.1 Arduino uno	27
2.5.3 Arduino Mega	29
2.5.5 Linguagem de Programação	30
2.6 SENSOR	31
2.6.1 Sensor de Umidade.....	32
2.6.2 Sensor de Luz	33
2.6.3 Sensor de pH	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 ENGENHARIA REVERSA NO MEDIDOR DE PH, UMIDADE E LUMINOSIDADE 35	
3.1.1 Do Medidor	35
3.1.3 Diagrama Elétrico	37
3.2 PROJETO DO SISTEMA MICRO CONTROLADO	38
3.2.1 Diagrama de Blocos do Sistema	38
3.2.2 Características do Sistema.....	38
3.2.3 Placa Auxiliar.....	40
3.2.4 Funções do Sistema.....	41
3.2.5 Programação	41
3.2.5 Diagrama do Protótipo.....	42

3.3 PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO	43
3.3.1 Calibração da Luminosidade	43
3.3.2 Calibração da Umidade	44
3.3.3 Calibração do pH.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSOES	46
5 CONCLUSÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXO A – LUXÍMETRO.....	56
LUXÍMETRO USADO NO PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DA LUMINOSIDADE.....	56
ANEXO B – CÓDIGO FONTE UTILIZADO.	57
ANEXO C – ESQUEMÁTICO ELÉTRICO.	61
61	
ANEXO D – FOTOS DO PROTÓTIPO.	62

1 INTRODUÇÃO

A rotina diária intensa das pessoas, relacionada cada vez mais à escassez de tempo para pequenos trabalhos e atividades está associada à falta de correto controle de alguns cultivos, principalmente aqueles em pequenas escalas. Esta característica faz com que o custo de energia, a água e os nutrientes das plantas sejam aplicados de maneira ineficiente, tanto em excesso em alguns momentos, como em escassez em outros.

Aliado a isso, ainda existe a necessidade de destinação de horas de trabalho para a realização destes tratamentos culturais, o que requer deslocamento de pessoas (funcionários) e leva também a elevação de custo. Neste aspecto o trabalho, teve sua concepção pautada a partir da necessidade de desenvolver um sistema de gerenciamento das condições de solo que permita controlar as condições ideais para os pequenos cultivos.

O sistema se propõe ao controle do manejo de culturas, principalmente voltado para aquelas em que se necessita de processos de irrigação para se obter produtos finais com melhor qualidade e melhor rentabilidade. A funcionalidade do sistema busca o controle autônomo da irrigação dos plantios, de modo, que deverá operar através da coleta de dados como umidade, potencial heterogêneo (pH) e luminosidade.

A partir dos dados que serão coletados e processados pela plataforma Arduino, será feito o controle pelas variáveis base programadas já inseridas no sistema para determinada cultura a ser monitorada. Este controle permitirá ativar a irrigação quando necessário e/ou quando programada, sendo aplicável no dia a dia e estando relacionado à automação do gerenciamento de processos de controle de solo e cultivo.

Tendo em vista a ineficiência do uso de recursos e insumos o que acarreta em elevação de custos, a pergunta da pesquisa questiona: É possível desenvolver um sistema microcontrolado que permita gerenciar as condições ideais para os cultivos? Quais as etapas e necessidades técnicas para o desenvolvimento?

A resposta a estes questionamentos admite que o sistema é passível de ser desenvolvido, de modo que, para sua execução é necessário desenvolver uma linguagem de comando. Como objetivo geral do trabalho, busca se alcançar com o

estudo, o desenvolvimento deste sistema com o intuito de proporcionar a redução de custos relacionados ao cultivo de pequenas plantações.

Os principais custos podem estar relacionados as despesas com energia, água e principalmente o fator tempo do indivíduo em deixar de realizar os processos manualmente, reduzindo o valor do trabalho e melhorando o processo de irrigação. O trabalho busca desenvolver um sistema que visa melhorar o controle de irrigação para os pequenos estabelecimentos rurais, como os da agricultura familiar, permitindo não só a melhoria dos tratos culturais, mas também melhorar a qualidade dos produtos.

A partir deste trabalho se busca os seguintes requisitos: fazer um sistema de baixo custo e aplicável em pequenos estabelecimentos rurais; e desenvolver um sistema de fácil manuseio que controle de forma autônoma a irrigação pela leitura dos dados dos sensores.

O sistema a ser projetado e desenvolvido, irá realizar o monitoramento de umidade e pH do solo, através dos sensores que coletarão as variáveis necessárias e enviarão ao microcontrolador que processará esses dados. Por meio do controle desta leitura de dados, são definidas as funções e ações de controle com relação a requisitos predefinidos.

Este microcontrolador será montado através da plataforma Arduino, que é uma tecnologia aberta e barata, e que não exige conhecimento técnico muito avançado de programação, já que se objetiva um projeto aplicável de baixo custo e fácil compreensão.

1.1 OBEJTIVO GERAL

Desenvolver um Sistema microcontrolado, que seja capaz de controlar e gerenciar a umidade e realizar leitura de pH do solo, com baixo custo e fácil aplicação e manuseio, utilizando para isso a tecnologia da plataforma Arduino como microcontrolador.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Projetar um circuito para realizar medições de umidade de terreno que permita a ação do microcontrolador;

Desenvolver um hardware eletrônico capaz de realizar os comandos de controle utilizando o Arduino;

Elaborar uma programação de controle para utilização no Arduino.

1.3 JUSTIFICATIVA

Volta-se a sanar o problema do uso ineficiente de recursos escassos como a água, bem como, permite melhor uso do trabalho, de modo a melhorar a rentabilidade dos pequenos cultivos sobretudo da agricultura familiar.

É perceptível, principalmente em pequenos cultivos onde os recursos envolvidos são insuficientes, a ocorrência de desperdício do uso de insumos, assim a principal motivação é atender ao uso mais eficiente e com isso melhorar a rentabilidade de famílias mais carentes, o que poderá estar ligado a função do projeto, tanto em um sentido social de proporcionar a redução de custos e com isso a melhoria de renda, como no sentido ambiental e técnico ao empregar de tecnologia para fazer o uso mais eficiente de um recurso (água).

Por se tratar de um sistema automatizado, o projeto está atrelado a um dos focos do curso de manutenção industrial, o qual nesta área tem como objetivo a melhoria do gerenciamento e desempenho de processos envolvidos na manutenção e que aplicam soluções que tragam maior disponibilidade e confiabilidade. Em relação a automação focada na agricultura, encontra se uma nova fronteira a ser superada, onde os sistemas embarcados têm uma grande ascensão.

O sistema que se propõem, visa com seu desempenho o controle da irrigação para cultivares de qualquer espécie que venham a ter a necessidade de irrigação, tendo a função do gerenciamento e controle autônomo do processo, medindo a umidade e o pH do solo. Aplica-se ao cultivo de pequenas plantações, sejam estas hortas, canteiros, para se chegar a um produto melhor.

Ainda em relação a função do projeto, o mesmo se volta a proporcionar um sistema que seja capaz de controlar automaticamente a irrigação de jardins e

plantações, que hoje são manuais, trazendo assim um barateamento do cultivo. O público-alvo a que se destina são pequenos estabelecimentos rurais com baixo poder de investimento para grades projetos, e também para manutenção de paisagismo de jardins em residências.

Concebida a ideia de produzir um sistema autônomo de irrigação e para reforçar a justificativa, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018), ao tratar do mercado de automação para a agricultura, aponta que este mercado “ainda não está suficientemente maduro. A informatização da tomada de decisão e a atuação no nível de gestão de uma irrigação de precisão é um desafio global, visto que um elevado volume de água é utilizado na irrigação”.

A aplicação da tecnologia pelo homem em sua evolução proporcionou alcançar o sucesso, em atender suas necessidades, para controle de recursos disponíveis no seu meio de vida. Neste aspecto, a automação se aplica no cenário industrial para aumento de produtividade, qualidade e redução de custos, já no contexto residencial, tem direcionado a trazer conforto, segurança e economia. (FERREIRA e CAMARGO, 2015)

Para setores desprovidos de grandes investimentos como residências, comércios de pequeno porte e pequenos estabelecimentos rurais, também é possível a aplicação dos benefícios da automação.

A partir da interação de áreas como eletrônica, eletricidade e computação, na visão de Meier e Melo (2017), é possível o desenvolvimento de sistemas autônomos para as mais diversas áreas no nível residencial, comercial, industrial e agrário, entre outros. O sucesso para tais áreas muitas vezes só se dá pela adaptação em grandes ambientes de desenvolvimento.

Entretanto, concepções para automatização para ambientes com menores volumes de recursos tendem a apresentar maiores resultados e benefícios. Um exemplo é o Carneiro Hidráulico por sua simplicidade e popularidade, demonstrando como as tecnologias ajudam no desenvolvimento da automação, com eficiência econômica para setores de menor capacidade de aquisição (MEIER e MELO, 2017).

O correto conhecimento sobre a umidade observada do solo leva na redução tanto de energia elétrica, como de água, proporcionando também a prevenção de doenças. Com este conhecimento o produtor pode fazer o controle da irrigação somente quando for necessário, basta apenas um breve estudo do solo, se este retém mais umidade ou não, e entender do cultivo a ser realizado (BANDERALI, 2018).

Ainda segundo Banderali (2018), para se obter uma melhor produção dos cultivos é necessário conhecer as áreas que estão sendo usadas. O conhecimento deve envolver tipo do solo, condições climáticas da região referentes as chuvas, temperatura, umidade relativa do ar, entre outros aspectos. Conhecendo estes fatores é possível adaptar as melhores condições para cada período do ano.

Diante deste cenário, que leva a necessidade de melhor controle sobre o uso eficiente de recursos a plataforma Arduino pode ser uma solução que concilie de um lado a solução para a carência por sistemas de controle do uso de insumos e de outro um sistema simples e barato. Monk (2017) aponta que o Arduino é uma placa de microcontrolador que permite a interação com um computador, de modo a dar funções para o conjunto de saídas de ligação.

A interação entre a placa e o computador torna plausível a ativação e comando de componentes eletrônicos, como um motor, por exemplo, ou uma válvula de fluxo, dentre tantas outras aplicáveis. Esta placa funciona tanto pela alimentação da conexão com o computador pela USB, ou por uma fonte CC como uma bateria de nove volts, seu controle também pode ser pelo computador de forma direta ou por uma programação inserida na placa (MONK, 2017).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo se propõe a realizar uma revisão a partir das publicações sobre o tema de pesquisa. Inicialmente trata do conceito de automação, umidade do solo, para em seguida discutir os processos de irrigação, e o conceito de pH. Também são descritos os itens da plataforma Arduino placas e linguagem, finalizando com o item sensor.

2.1 AUTOMAÇÃO

A busca pelo sentido da palavra automação é apresentada na literatura, uma interpretação do termo é encontrada em Campana e Oplustil (2011, p. 120), que afirmam ser um termo “proveniente do latim *automatus* e significa mover-se por si”. Para Júnior, et al (2015, p. 3) “a automação é considerada qualquer sistema apoiado em computadores, que vise substituir tarefas de trabalho humano, e/ ou que vise soluções rápidas e econômicas para as indústrias e os serviços modernos”.

Ainda de acordo com Júnior, et al (2015) com os processos programados, e aplicando técnicas computadorizadas ou mecânicas, é possível melhorar o processo e alcançar o melhor custo benefício para os produtos finais. Segundo Fuentes (2005, p.1) a “automação é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento sem a intervenção do homem”.

Silveira, (2015) descreve a automação, como a união de metodologias onde as mesmas arquitetam aparelhos apropriados a operar com qualidade usando dos elementos recebidos, sobre o qual agem. Através dos elementos o aparelho avalia a atuação mais adequada para o momento da execução, se caracterizando como um sistema de ligação fechado, o qual compara os dados de entrada com os de saída para correção dos valores desejados.

Para Rosário (2009) a automação pode ser definida como a aplicação, do conjunto de meios e técnicas de controle e gerenciamento de dispositivos elétricos e mecânicos, por meio da utilização de software e conhecimentos para trazer os melhores resultados em um sistema para reduzir custos com energia, resíduos referentes a produção, retirando as deliberações e a força humana.

2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Usado do contexto da automação, vale relatar a aplicação deste conceito dentro do segmento da agricultura, a qual é tratada como agricultura de precisão. Para Molin et al (2015), a definição do conceito de agricultura de precisão se fundamenta na ideia de que as agriculturas não têm uniformidade no ambiente nem na estação, assim se tem a necessidade da gerencia e monitoramento para se corrigir problemas advindos da não uniformidade. Esta aplicação de um conjunto de tecnologias que possibilitam a melhoria da gestão do processo produtivo se constitui na agricultura de precisão.

Na agricultura se notam ganhos de produção, isto é, maior produtividade em áreas cultivadas cada vez menores, fator este que está ligado ao aumento no trabalho de gerenciamento do processo de produção. Neste contexto, não tem como não usar as formas de tecnologia e os conhecimentos da automação agrícola para obter resultados mais eficientes no processo (EMBRAPA, 2018).

Para Inamasu e Bernardi (2014), o conceito de agricultura de precisão fica sendo descrito como o uso de um aparelho de gerenciamento da agricultura fundamentado na alteração do espaço tempo da parte produtiva. Busca o aumento econômico e a sustentabilidade.

Ainda segundo a Embrapa (2018) a agricultura de precisão adota tecnologias que permitem operacionalizar os cultivos agropecuários, os quais são vigiados, operados e executados por intermédio de aparelhos mecânicos e eletrônicos que permitem expandir a competência dos afazeres humanos.

Para Potter (2014), o conceito de agricultura de precisão fica sendo a aplicação de passos os quais usam de tecnologias de modo a gerenciar o preparo da terra, e o acompanhamento do cultivo para se obter melhores resultados econômicos em relação ao cultivo e no aproveitamento de recursos aplicados a produção agrícola.

Usando deste conceito, de acordo com a Embrapa (2018), a automação exerce sobre os processos de produção agrícola a melhoria da produtividade relacionada ao tempo, trabalho aplicado no segmento, insumos e capital. Permite ainda a redução de perdas da produção e o aumento da produtividade e qualidade dos produtos, além do que, neste setor há também o segmento de peças, e os fabricantes de implementos agrícolas que permitem novas tecnologias.

2.2 UMIDADE DO SOLO

A determinação da umidade, segundo Coelho et al (2013) tem uma essencial importância para a manobra nos cultivos irrigados. Para os pequenos estabelecimentos, como o de agricultura familiar, as alternativas são um tanto quanto limitadas pela acessibilidade de custo.

O monitoramento da umidade é de extrema importância em diversas circunstâncias. Na agricultura se torna imprescindível para mapear as decisões de controle da irrigação, onde a disposição de água para plantações é instável visto a variância de características do solo e condições de clima, sendo que um dos fatores de limitação do desenvolvimento das plantas cultivadas é a falta da água (BUSKE, et al, 2014).

Para Rodrigues e Araújo (2016) a umidade é determinada entre a massa de água comprimida na amostra de terra pela massa de terra seca, representada em quilogramas de água por quilogramas de terra, sendo definida por meio da secagem em estufa até que tenha peso constante. Estas informações são importantes e permitem obter as condições hídricas da terra.

A água é um fator básico no desenvolvimento das plantas, para Buske (2013) é durante o desenvolvimento das plantas que se tem um grande volume de consumo. A adequação de um controle do volume ideal de água requer conhecimento sobre a terra, o ambiente, e as plantas, de maneira a proporcionar um manejo correto da proporção de água para o processo.

O solo é um depósito temporário de água abastecendo a vegetação conforme a necessidade, de modo que a produtividade fica atrelada a dinâmica da água. O conhecimento da disponibilidade dos recursos hídricos para atividades agrícolas é de grande importância, visto que sabendo das condições que se encontra o solo se pode aplicar ações programadas de controle em períodos determinados, e assim alcançar a otimização do uso dos recursos, como: a água; a energia elétrica relacionada a irrigação; tempo; e mão de obra destinada ao processo de cultivo (BUSKE, 2013).

2.3 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Anterior a discussão sobre a irrigação por gotejamento é importante esclarecer pontos sobre a irrigação e suas versões. Para Santos (2014) a irrigação é a técnica artificial de distribuir, uniformemente a água pelo solo em cultivos, de forma a manter um padrão de umidade necessário para o crescimento das plantas, por falta de chuva, ou a má distribuição da mesma.

Vale pontuar que, de acordo com Santos (2014), cada tipo de cultivo apresenta um método de irrigação visto que a quantidade varia de planta para planta, sendo escolhido o método que traz o melhor resultado. Neste aspecto, é importante fazer uma análise sobre o método mais eficiente a ser usado, dentre os quais se destacam os seguintes métodos de irrigação: de superfície; por sulcos; por inundação; por aspersão; localizada; e micro aspersão. Diante disso, os próximos tópicos do trabalho apresentam de forma resumida cada um dos métodos.

2.3.1 Irrigação de Superfície

Esta técnica de irrigação é descrita por, Sousa e Busson (2016) como uma forma de movimentação da água empregando o uso da força da gravidade. A água é posta diretamente sobre a terra até que atinja os locais de penetração, não sendo indicada para terrenos de alta permeabilidade por acarretarem perdas, por outro lado, a técnica, por não demandar grandes investimentos, possui custo reduzido por unidade de espaço.

Conforme pontado por Sousa e Busson a água percorre a área a ser irrigada de modo que é importante ser usada em solos com baixa permeabilidade, uma vez que em solos com alta absorção, ou seja, solos porosos o volume necessário de água seria muito elevado. A Figura 01 apresenta o sistema.

Figura 01 – Sistema de irrigação por superfície



Fonte: Reis 2015, p. 20

Reis (2015) reafirma a visão apresentada anteriormente em Sousa e Busson (2016) apontando que a técnica consiste em movimentar a água pela gravidade, onde a mesma se move pelo solo de forma direta. Este tipo de irrigação, segundo o autor, deve ser aplicado de forma sistêmica, não aplicável a solos com alta permeabilidade e passíveis a erosão, evitando-se solos com declives acentuados.

2.3.2 Irrigação por Sulcos

Em relação ao sistema de irrigação por sulcos, Reis (2015), afirma que o sistema tem como característica principal a construção de sulcos laterais no terreno, por meio dos quais a água será conduzida e assim distribuída sobre toda a área a ser irrigada. O sistema apresenta a característica de não umedecer por completo a superfície das séries de plantio, o que abranda as perdas geradas por evaporação.

Este método permite menor compactação do solo, e o tempo em que a água percorrerá os sulcos dependerá das condições do solo, reforçando o que já foi apresentado anteriormente, sobre a necessidade de se conhecer as condições de solo, ambiente e temperatura. Este conhecimento permite dispor da quantidade correta de água necessária para o desenvolvimento dos cultivos e assim levar a menor compactação do terreno, sua eficácia se resume ao movimento feito pela água na área a ser irrigada (REIS, 2015). A Figura 02 apresenta o sistema de irrigação por sulcos, onde é possível notar suas características.

Figura 02 – Sistema de irrigação por sulcos



Fonte: Pinto et al (2007).

A irrigação por sulcos também se advém da técnica de irrigação por superfície ao se deter da movimentação da água por canais laterais as linhas de plantio, a qual fica pelo tempo necessário para infiltração para umedecer assim o solo e ser absorvida pelas raízes das cultivares (PERES, 2011).

2.3.3 Irrigação por Inundação

O sistema de inundação, é descrito por Sousa e Busson (2016) como aquele em que é feito o aproveitamento da água por vasos ou canteiros, de áreas lisas totalmente ou parcialmente em toda a sua extensão. Se aplica em terras barrosas retangulares ou de imediação, destinadas ao cultivo de arroz, e para irrigação de plantas e fruteiras. A Figura 03 abaixo apresenta no detalhe o sistema de irrigação por inundação.

Figura 03 – Sistema de irrigação por inundação



Fonte: Lanzetta (2006).

O método de inundação é bastante simples, consiste na divisão de pequenas porções do terreno limitadas por diques, para que se forme uma lâmina plana, onde há o depósito da lâmina de água que infiltrará no solo (REIS, 2015). A Figura 03 apresenta o cultivo de arroz com este sistema, onde fica visível a lâmina de água que se forma e inunda o terreno.

2.3.4 Irrigação por Aspersão

Outro sistema de irrigação consiste em forçar a água sobre aspersores, ou seja, a água sob pressão passa nos orifícios dos aspersores, proporcionando um jato de água em gotículas e formando uma chuva artificial que cai sobre o terreno. As gotículas de água chegam suavemente ao solo, permitindo o controle da lâmina de água a ser aplicada (PERES, 2011). A Figura 04 demonstra o sistema de irrigação por aspersão.

Figura 04 – Sistema de irrigação por aspersão



Fonte: Emater (2018)

A Figura 04 representa a água que após pressão nos aspersores é lançada sobre a superfície. Esta é a característica principal do sistema, em que a água sob pressão nos tubos de distribuição gera uma cortina de partículas criando uma chuva artificial, isso ocorre pela passagem da água nos bicos ou jatos aspersores distribuídos ao longo do terreno da plantação (SOUSA e BUSSON, 2016).

2.3.5 Irrigação Localizada

Cabe-se salientar que o método de irrigação localizada abrange os métodos de micro aspersão e gotejamento que são técnicas de irrigação radicular de plantas. Neste sistema, Barbosa (2013), destaca que a frequência de irrigação é mais elevada, mas com intensidade menor, aponta ainda que a água é lançada sobre a região radicular, com baixas porções e elevada constância, deixando o solo com capacidade elevada de água. A distribuição da água é feita por canos com baixa compressão, que acompanham as linhas de cultivo.

O sistema na visão de Barbosa (2013) permite que o volume total de água disposta seja alto. Além do que, a diferença deste sistema para o de aspersão é a pressão da água, visto que na aspersão a água sofre pressão para passar nos aspersores, já na localizada é conduzida pela tubulação por baixa pressão. A Figura 05 apresenta o detalhe do sistema de irrigação localizada.

Figura 05 – Sistema de irrigação localizada



Fonte: Oliveira (2016)

A Figura 05 retrata com bastante riqueza de detalhe o sistema de irrigação localizada, nota-se que a água saí dos tubos com baixa pressão sendo direcionada diretamente para as plantas e suas raízes e não sobre toda a superfície de terra. A característica do sistema segundo Santos (2014) é a aplicação direta de água em pequenas quantidades, mas com frequência elevada na região radicular, com a disposição de tubos sob o solo ou enterrados, em paralelo a linha de plantio.

2.3.6 Micro Aspersão

O sistema de micro aspersão é um sistema de aspersão onde as gotas de água são aspergidas na condição de chuva próximas a região radicular da planta. Ainda de acordo com Reis (2015) este sistema pode ser móvel ou fixo dependendo das linhas. A Figura 06 demonstra como ocorre à distribuição da água pelo método de micro aspersão.

Figura 06 – Sistema de irrigação por micro aspersão



Fonte: Campos (2016)

A irrigação por micro aspersão ocorre de forma pontual no decorrer da plantação, se localiza próxima a base da planta de modo a ser absorvida de maneira mais proveitosa. A água é lançada por micro aspersor para aos mais variados tipos de terreno (BARBOSA, 2013).

2.3.7 Irrigação por Gotejamento

O método de irrigação por gotejamento se trata de um sistema de irrigação centrado diferindo-se por se manter em uma forma de irrigação branda perto da base das plantas. A água é dispersa com pequena pressão pelo gotejador, destacando como abono a economia do recurso pela baixa taxa de perda por evaporação em relação a localização do gotejador e das raízes (PERES, 2011).

Apesar da vantagem deste sistema em termos de consumo de água, Peres (2011) considera que a eficiência no consumo acarreta em elevação de custos restringindo assim o uso para algumas culturas somente. A Figura 07 demonstra como ocorre à distribuição da água pela técnica de irrigação por gotejamento.

Figura 07 – Sistema de Irrigação por Gotejamento no cultivo de melão



Fonte: Ribeiro (2012)

Na irrigação por gotejamento, de acordo Barbosa (2013) ocorre a distribuição da água com um melhor controle, a qual é dada de forma vagarosa em áreas específicas do terreno e plantação, geralmente perto das raízes das plantas evitando assim o escoamento dos nutrientes e o seu empobrecimento. O seu sistema é significativamente simples, já que o mesmo é composto por emissores, onde a água escoar por uma dissipação da pressão.

Como vantagem deste sistema se tem o uso de pouca mão de obra, pode ser aplicada em qualquer tipo de terreno, com distribuição uniforme da água e fertilizantes, sem erosão, dentre outros. Suas desvantagens ficam com custo inicial elevado, e entupimentos dos emissores por acumulo de partículas minerais e orgânicas. (BARBOSA, 2013).

2.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

O potencial hidrogeniônico na visão de Bárbara (2006) é escalonado em uma faixa de medida de pH – potencial hidrogeniônico, apresentando variação no seu valor na faixa de sete a quatorze que é a representação do equilíbrio entre os íons H^+ e OH^- . Quando se tem valores abaixo de sete a solução é apresentada como acida, com valores maiores é uma solução alcalina, e se mantendo na faixa de sete se considera como neutra.

O pH se forma pela presença de sólidos e gases dissolvidos no meio, oriundos da dissolução de rochas, absorvimento de gases do ambiente, oxidação de matérias orgânicas e fotossíntese. O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração

molar de íons de hidrogênio. (BÁRBARA, 2006). Silva (2013, p. 21) apresenta a acidez do solo, pH como:

A acidez dos solos divide-se em acidez potencial e ativa, sendo a primeira constituída pelos íons hidrogênio das ligações covalentes e eletrovalentes e pelo alumínio (Al^{3+}) trocável. O Al^{3+} constitui da acidez trocável, também conhecida por alumínio ou acidez nociva, é uma das principais causas da acidez excessiva de certos solos. Esse cátion atua no crescimento das raízes. A segunda subdivisão da acidez dos solos compreende os íons hidrogênio dissociada na fase líquida do solo e em equilíbrio com a fase sólida, sendo representada pelo potencial heterogêneo (pH).

Para Lotufo (2010, p. 22) “o pH muitas vezes é considerado como uma quantidade com a mesma natureza que massa e energia, com as quais balanços de conservação podem ser estabelecidos”.

A descoberta do pH segundo Lotufo (2010) se deu por estudo do bioquímico dinamarquês, P. L. Sorensen, em processo de aperfeiçoamento da característica da cerveja, o qual originou o conceito de potencial hidrogeniônico. Ainda, segundo o autor pH é a extensão do agrupamento de íons de hidrogênio, em que uma solução pode mostrar sua acidez ou alcalinidade.

2.5 PLATAFORMA ARDUINO

No ano de 2005, segundo Evans e Martins (2013) o professor Massimo Banzi, na Ivrea Itália deu início ao Arduino, com a colaboração do seu aluno David Mellis, que projetou a interface ou linguagem de programação. O objetivo era produzir algo que fosse barato e ao mesmo tempo acessível a todos tanto na utilização quanto no preço.

O Arduino foi pensado no sentido de ensinar os alunos do professor Massimo conceitos de eletrônica e programação, deste modo, tanto o hardware como o software são de tecnologia aberta. Na prática pode se dizer que o Arduino é um pequeno computador, de plataforma embarcada, com a programação de suas entradas e saídas de comando e controle. (EVANS, MARTIN. 2013)

De maneira geral o Arduino é formado por um microprocessador, cristal ou oscilador, regulador de tensão, reset, plugue para alimentação, pinos de conexão, LEDs de verificação de funcionamento, porta USB, permitindo a conexão ao

computador para upload. A alimentação desconectada varia de sete vezes a doze vezes (MONK, 2017).

Desde a sua criação o Arduino já obteve as mais diversas variações de modelos, os quais estão divididos quanto a sua capacidade e complexidade. Os de nível de entrada são destinados para os iniciantes, o que permite começar a montar seus projetos, dentro disto tem-se como principais modelos e mais conhecidos: Arduino uno; Arduino Leonardo; Arduino 101; entre outros. Para os níveis mais avançados, para projetos com mais complexidade estão disponíveis os modelos: mega 2560; zero, pro; entre outras variações. Tendo características construtivas, como processador, memória, tensão de alimentação, portas de conexão de entrada e saída, para as mais diversas aplicações de projetos em áreas das mais diversificadas.

De modo a exemplificar brevemente os modelos de Arduino, se tem a necessidade de apresentar uma discussão a respeito das especificações de alguns modelos. O objetivo é exemplificar a plataforma Arduino, tendo em vista que a placa uno será a base na elaboração do sistema, os próximos tópicos detalham dois modelos, sendo estes: uno; mega.

2.5.1 Arduino uno

O modelo Arduino uno, de acordo com Orlette (2016), é de fácil operação, sua placa micro controladora é composta na base do microprocessador ATmega328P. O Arduino uno tem a capacidade de ler as entradas de sensores e a programação, e agir nas saídas no comando de operação de um motor, por exemplo, através das informações que chegam até o micro controlador responsável pelo processamento das mesmas. A Figura 08 demonstra a placa do Arduino uno.

Figura 08 – Arduino Uno



Fonte: Arduino (2018)

Ao se observar a placa apresentada na Figura 08 é possível observar na borda da parte superior as entradas e saídas de controle digital, bem como o botão reset na esquerda superior, logo abaixo do botão tem-se a entrada de conexão USB para inserção de dados. Na parte inferior da placa a esquerda se encontra a entrada de alimentação sete a doze volts, logo a direita, estão localizadas as saídas e entradas analógicas, e acima das saídas analógicas o microprocessador. Neste aspecto, o Quadro 01 apresenta as especificações para este modelo.

Quadro 01 – Especificações Arduino uno

Nome	Uno
Microcontrolador	ATmega328P
Tensão operacional	5V
Tensão de entrada (recomendado)	7-12V
Tensão de entrada (limite)	6-20 V
Pinos Digital I / O	14 (dos quais 6 fornecem saída PWM)
PWM digital I / O Pins	6
Pinos de entrada analógica	6
Corrente DC por pino de E / S	20 mA
Corrente DC para Pin 3.3V	50 mA
Memória flash	32 KB (ATmega328P) dos quais 0,5 KB usados pelo bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidade do relógio	16 mega-hertz
LED_BUILTIN	13
Comprimento	68,6 mm
Largura	53,4 mm
Peso	25 g

Fonte: Arduino (2018)

As características de ficha técnica do modelo em questão apresentadas no Quadro 01 evidenciam que o modelo contém quatorze pinos para conexão de entrada e de saída, onde dos quais seis podem ser utilizados como saída de modulação por

largura de pulso (PWM), também contém seis entradas analógicas. O modelo possui um cristal de quartzo de 16 MHz, entradas de conexão USB; energia; conector ICSP; e um botão de reset, possuindo o necessário para ser usado, a partir de uma conexão a um computador pelo USB ou na fonte de energia CC (BARBOSA, 2013).

2.5.3 Arduino Mega

O Arduino mega, na visão de Monk (2017) se apresenta como uma das placas mais completas e robustas dentre as existentes. Tem maior performance para aplicação em projetos com maior complexidade, com sua grande quantidade de conexões e seu processador mais robusto. A Figura 09 apresenta a placa do Arduino mega.

Figura 09 – Arduino mega



Fonte: Arduino (2018)

A placa apresentada na Figura 09 demonstra o Arduino mega, o qual corresponde a uma das mais completas placas. Possui 54 pinos de entrada tanto analógicas como digitais, com o chip de processamento microcontrolador ATmega2560. O Quadro 02 retrata as especificações técnicas do Arduino mega.

Quadro 02 – Especificações Arduino mega

Nome	Mega
Microcontrolador	ATmega2560
Tensão operacional	5V
Tensão de entrada (recomendado)	7-12V
Tensão de entrada (limite)	6-20 V
Pinos Digital I / O	54 (dos quais 15 fornecem saída PWM)
Pinos de entrada analógica	16
Corrente DC por pino de E / S	20 mA
Corrente DC para Pin 3.3V	50 mA
Memória flash	256 KB dos quais 8 KB usados pelo bootloader

SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidade do relógio	16 mega-hertz
LED_BUILTIN	13
Comprimento	101,52 mm
Largura	53,3 mm
Peso	37 g

Fonte: Arduino (2018)

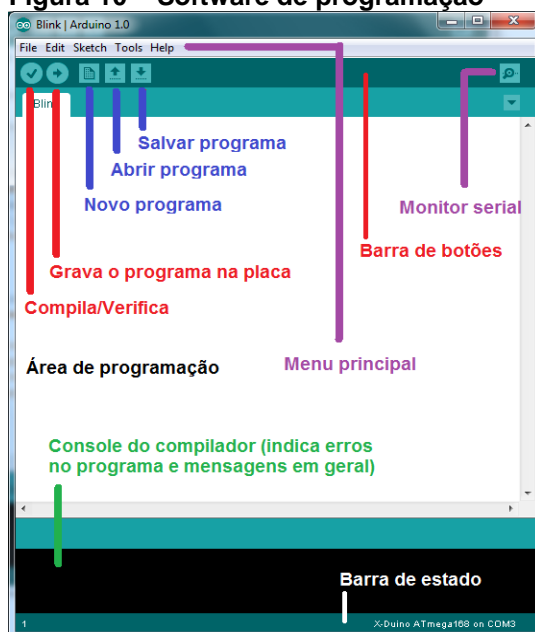
O Quadro 02 demonstra as características da placa em questão, onde 15 dos 54 pinos são usados com modulação de largura de pulso, dentre estas se tem 16 entradas analógicas, 4 saídas de hardware, contém um oscilador de cristal de 16 MHz, conector de alimentação, um conector ICSP, e um botão de reset. Tendo os itens imprescindíveis para tolerar o microcontrolador, bastando ligar a um computador com um cabo USB ou ligá-lo a um adaptador de CA-CC ou bateria para iniciar os projetos (MICHELSEN, 2017).

2.5.5 Linguagem de Programação

A linguagem para produzir os comandos usados nos projetos para o Arduino se dá através da IDE, responsável por converter os códigos escritos em comandos. Este procedimento é realizado ao solicitar o comando de verificação para salvar e posteriormente fazer upload, que é propriamente a transferência dos dados para a placa. A IDE é composta de um editor de texto para a escrita dos códigos, área de mensagens, barra de ferramentas e menus de configuração.

O software da IDE se baseia na linguagem de programação c e c++ com duas funções básicas na qual se tem o setup () sendo o iniciar, e o loop () que é a ligação de repetição (MONK, 2017). A Figura 10 abaixo apresenta a interface do software de programação.

Figura 10 – Software de programação



Fonte: Santo (2014)

Observa-se na Figura 10 os itens que estão no software, como o item verificar, o qual é o responsável pela conferência e detecção dos erros e conflitos de programação. Já no Menu principal ficam contidas as partes de configuração do mesmo arquivo, como: editar; sketch; ferramentas; e ajuda, e no campo arquivo estão as funções de criar; salvar; e também os programas na biblioteca do usuário (ALVES et al, 2012).

2.6 SENSOR

O sensor é um aparelho que transforma tipos de sinal carregados de excitações para um sinal elétrico, como exemplo, magnético, acústico, química, mecânica, térmica etc. Onde este traduz os sinais não elétricos na maioria das vezes sendo então transmitido e/ou ampliado por aparelhos eletrônicos em saídas de amplitude, frequência, fase (SOUSA e CARVALHO, 2011).

Para Suárez e Gudwin (2002) o sensor é um aparelho de medida, capaz de decompor distinções físicas, dentro de acontecimentos advindos em determinada região do espaço e momento, e transforma-las em distinções lógicas. Tendo este conhecimento na distinção lógica.

Os sensores podem ser divididos em dois grupos: os passivos; e os ativos. Os sensores passivos originam o sinal elétrico de forma a excitações exteriores sem uso de uma fonte de alimentação, para gerar o sinal como o termopar e o sensor de pH. Os sensores ativos precisam de uma fonte de alimentação para produzir um sinal de saída como o sensor de passagem de movimento (SOUSA e CARVALHO).

2.6.1 Sensor de Umidade

A medida de umidade, pode ser feita através de diversos procedimentos, cada qual com suas características e peculiaridades, certos parâmetros devem ser levados em consideração para a escolha do artifício a ser usado, como precisão, tempo, custo etc. Para tanto se classificam os artifícios em duas categorias, sendo: diretos, e indiretos (CORRÊA e GOMES, 2016).

Corrêa e Gomes (2016) indicam que para o método direto, sua determinação pode ser feita pela extração da água de uma amostra colhida, a qual permite quantificar o volume de umidade presente na mesma, por métodos tradicionais como o de secagem. Já em relação ao método indireto usa se das grandezas físicas como capacitância, resistência elétrica, pressão, dentre outras, que mudam de acordo com o volume de água presente na terra.

Carvalho (2016) complementa a necessidade do uso de sensores para os métodos indiretos, de modo que, os mais comuns são de capacitância elétrica, e o de blocos de resistência elétrica. Os sensores que utilizam o método de capacitância elétrica, são conhecidos como capacitivos, e medem as constantes dielétricas pelo tempo, através dos pulsos eletromagnéticos, produzidos pelas hastes colocadas no solo.

Em relação aos sensores de blocos de resistência elétrica, são tidos como resistivos. Seu funcionamento se dá pela transformação da resistência elétrica dentre os dois eletrodos colocados ao solo, onde a resistência é opostamente adequada a umidade da terra, sendo assim, quanto maior a umidade menor a resistência elétrica medida (CARVALHO, 2016).

2.6.2 Sensor de Luz

Os sensores de luz ou fotocélulas, são aparelhos que empregam elementos eletrônicos que decompõem a radiação de luz em sinais elétricos. Estes sensores geram uma corrente elétrica proporcional à radiação ganha (SOUZA, 2003).

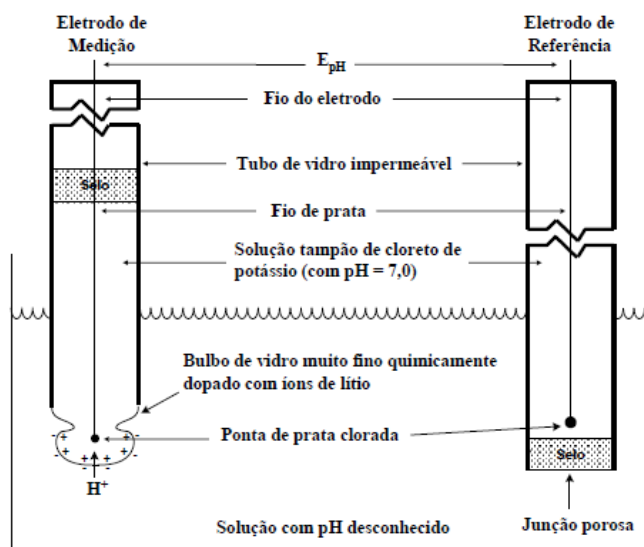
Para Wendling (2010) os sensores fotoelétricos são rápidos devido a não possuírem inércia e não terem partes mecânicas móveis que gerem desgaste em seu funcionamento. Estes sensores possuem diferentes tipologias, a se destacar o foto-resistor (LDR) e o foto diodos.

O foto-resistor (LDR) possui uma face de Sulfeto de Cádmio que gera uma resistência dependente da quantidade de luz que advém sobre o sensor. Já os sensores foto diodos, operam pela entrada de fótons que advém em sua conexão semicondutora, as quais liberam carregadores de carga, e fazem surgir uma tensão nos terminais do diodo, ou até mesmo alterar a resistência elétrica (WENDLING, 2010).

2.6.3 Sensor de pH

Os sensores de pHmetros, são constituídos por eletrodos de vidros, os quais contém dois eletros, um de medição e outro de referência. Estes eletros são cheios por uma solução pH conhecida, como cloreto de potássio, com pH análogo a 7 (LUTUFO, 2010). A figura 11 abaixo represente o sensor de eletrodo de vidro para medição de pH.

Figura 11 – Eletrodo de vidro



Fonte: Lutufu (2010)

Na figura 11 permite observar o eletrodo de medição, o qual é constituído por um canal de vidro impermeável com alta resistividade elétrica, possuindo uma ponta cônica semipermeável, para reação com a solução que está dentro do canal. Através desta reação ocorre o deslocamento de íons do maior para o menor a qual resulta em um equilíbrio, e gera a diferença de potencial pela membrana de vidro adequada as diferenças de pH das soluções, sendo determinada pela equação de Nernst (LUTUFO, 2010).

3 METODOLOGIA

O capítulo é apresentado para descrever os processos e etapas necessárias para a realização do projeto.

Acompanhado dos objetivos colocados anteriormente o trabalho a ser desenvolvido, pode se dividir em partes construtivas, dentre as quais podem ser resumidas, engenharia reversa do medidor, construção de uma placa auxiliar usada para a operação da bomba, e também da amplificação do sinal do sensor, processo de calibração do sistema, e o Arduino responsável pelo controle do processo.

3.1 ENGENHARIA REVERSA NO MEDIDOR DE PH, UMIDADE E LUMINOSIDADE

A engenharia reversa descrevera os passos feitos no sensor para se obter seu funcionamento, para aplicação no projeto.

3.1.1 Do Medidor

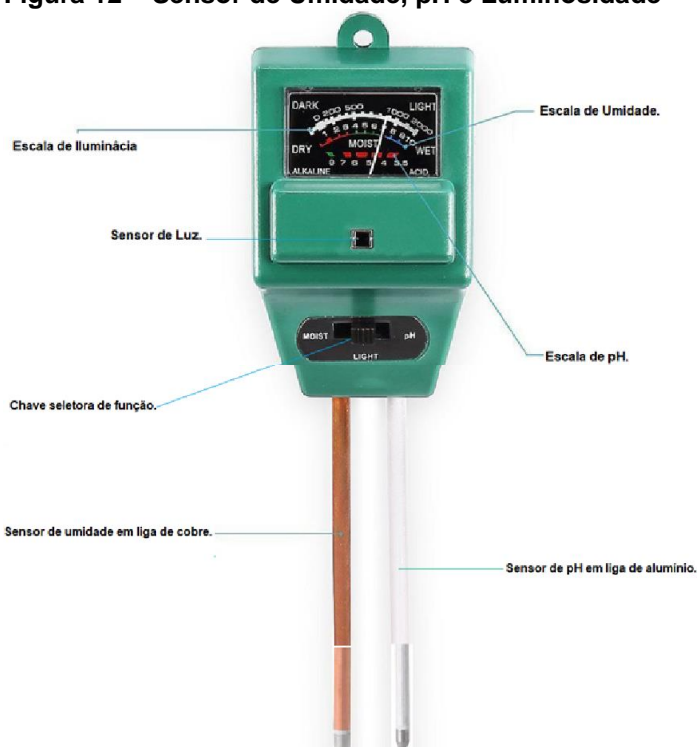
O sensor será responsável pela coleta das informações sobre as condições do solo, o mesmo realiza três medidas, sendo estas: luminosidade; umidade; e pH, para isso, conta com uma chave seletora, visto que, não pode medir as três variáveis ao mesmo tempo por ter um mostrador de mecanismo compartilhado para as três variáveis. O sensor em questão é um mecanismo pronto, no qual foi realizada engenharia reversa, para chegar ao entendimento do seu funcionamento, é necessário perceber que o mesmo tem duas hastes, uma liga de cobre e outra liga de alumínio, onde a haste de liga de cobre realiza a medida de umidade, e a haste de alumínio faz a medida de pH, e uma foto célula que captura a iluminância.

Ao colocá-lo no solo com a chave na função umidade ou pH, tem-se a atuação do ponteiro indicador, que atua em conformidade com o nível de umidade ou pH presente no solo. Isso ocorre pelo fato da haste gerar através de uma reação química entre o metal e o solo uma tensão elétrica. A tensão elétrica ao passar pelo enrolamento de fio que está acoplado ao ponteiro, gera um campo magnético que interage com o campo magnético do ímã presente no centro do mecanismo, isto

também é valido para o sensor de luminosidade quando a chave é colocada na posição.

A figura 12, abaixo apresenta o sensor de umidade pH e luminosidade, bem como as suas características. Pode-se notar na figura as três escalas de medida: Uma primeira de luminosidade, outra de umidade e a terceira de pH. No que se refere a escala de luminosidade, existe uma faixa de variação de zero a dois mil, sendo o zero o mais escuro possível e dois mil com o máximo de luminosidade.

Figura 12 – Sensor de Umidade, pH e Luminosidade



Fonte: Elaborado pelo autor, com imagens do fabricante disponível na internet, da Yinat.

Abaixo da escala de luminosidade, está localizada a escala de umidade a qual fica entre zero e dez. Os valores de zero a três ficam sendo de baixa umidade, e é necessário regar ou molhar o solo, de quatro a sete é a faixa mediana, o solo está úmido mas ainda assim deve ser regado para manter a umidade, já nos valores de oito a dez o solo está úmido, e não é necessário regar.

Por fim, a terceira escala de medida corresponde a escala de pH, a qual apresenta uma faixa de medida entre oito a três virgula cinco, quanto mais alto o valor apresentado mais alcalino está o solo, isto é, menor a acidez do solo. É possível perceber ainda na figura 12, logo abaixo das escalas, o sensor de luz, correspondente ao pequeno quadrado preto.

O sensor conta ainda com uma chave seletora que é responsável pela seleção da função a ser medida. No exemplo da figura 12, a chave está na posição de leitura de luminosidade, nesta posição a chave ativa o circuito responsável pela função luminosidade. Isto é válido em igualdade para as medidas de pH e umidade.

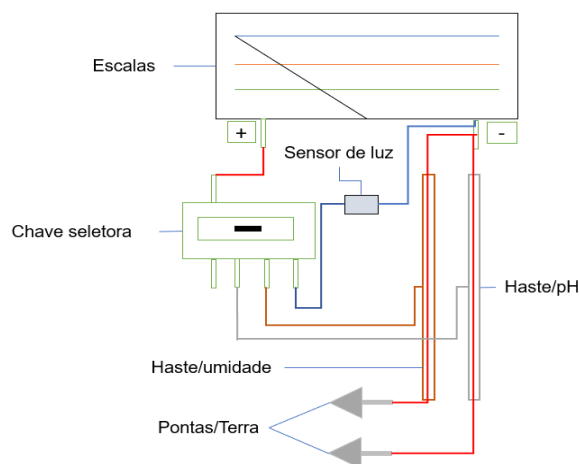
Ainda sobre o sensor, nota-se as duas hastes responsáveis pela leitura de pH e umidade. A haste em liga de cobre é a responsável pela leitura da umidade, contém uma ponta metálica isolada do cobre apenas com um fio que passa por dentro da mesma para fazer o negativo ou terra do circuito quando na função de umidade, já a parte de cobre é o sinal positivo para assim gerar uma tensão elétrica.

A mesma configuração da haste de umidade é tida na haste de liga de alumínio a qual é responsável pela leitura de pH.

3.1.3 Diagrama Elétrico

A figura abaixo descreve o esquema elétrico do circuito para o sensor.

Figura 13 – Diagrama elétrico do Sensor



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 13 se observa como é formado o circuito interno do sensor, e sua configuração de ligação interna. Seu funcionamento já foi descrito anteriormente, onde selecionando uma posição na chave que ativa uma parte do circuito do sensor.

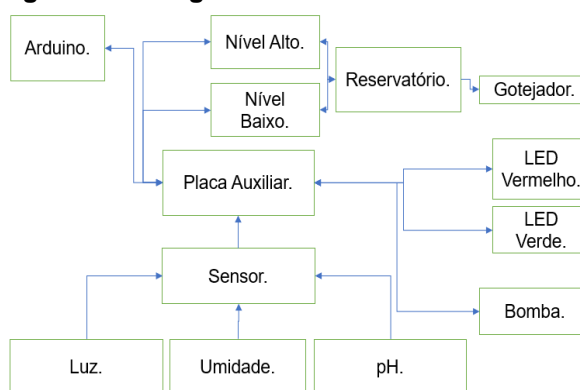
3.2 PROJETO DO SISTEMA MICRO CONTROLADO

O projeto do sistema visa descrever as partes envolvidas na elaboração do mesmo.

3.2.1 Diagrama de Blocos do Sistema

A figura 14 abaixo se refere ao diagrama de blocos de funcionamento do sistema.

Figura 14 – Diagrama de blocos sistema



Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 14 retrata a sequência lógica da operação do sistema, a qual é controlada pelo arduino que recebe as informações da placa auxiliar, esta que por sua vez será a responsável pelo controle das operações do sistema, recebendo e amplificando o sinal do sensor, para a leitura no arduino. Também passam por ela os estados de nível do reservatório, e por fim, faz o controle da bomba. Neste sistema existem dois LEDs de indicação, o vermelho, que indica problema no sistema, e o verde, responsável por indicar que o sistema está correto.

3.2.2 Características do Sistema

O sistema conta com três faixas de leitura, pH, umidade e luz, onde cada uma possui uma faixa. A faixa de pH varia de 8 a 3,5, sendo 8 com menor acidez ou estado alcalino, e 3,5 representando o maior nível de acidez.

A faixa de umidade fica com os valores de 0 a 10, sendo o 0 mais seco possível a ser registrado pelo sistema, e 10 o mais úmido possível a ser registrado. Os valores de 4 a 7 são tidos como os ideais. Para os valores de luz tem-se a configuração de 0 a 2000, tendo 0 como o mais escuro possível e 2000 o mais claro.

O reservatório usado em questão é uma garrafa plástica, que tem um volume de 450ml a 500ml de capacidade, conectada a uma mangueira que faz o sistema gotejador. O gotejador é outro componente do projeto, e será o responsável pela condução e distribuição da água até a base das plantas cultivadas, o item em questão é bastante simples visto que é uma mangueira com furos por onde a água escoa por uma pequena pressão gerada pela diferença de nível.

O gotejador fica acoplado ao reservatório, ou então a qualquer fonte de água que esteja à disposição. A figura 15, a seguir, é referente a bomba utilizada.

Figura 15 – Bomba



Fonte: Eletrogate (2018)

As características da bomba, para o projeto em questão, atendem as seguintes especificações:

Tensão: 2,5-6v.

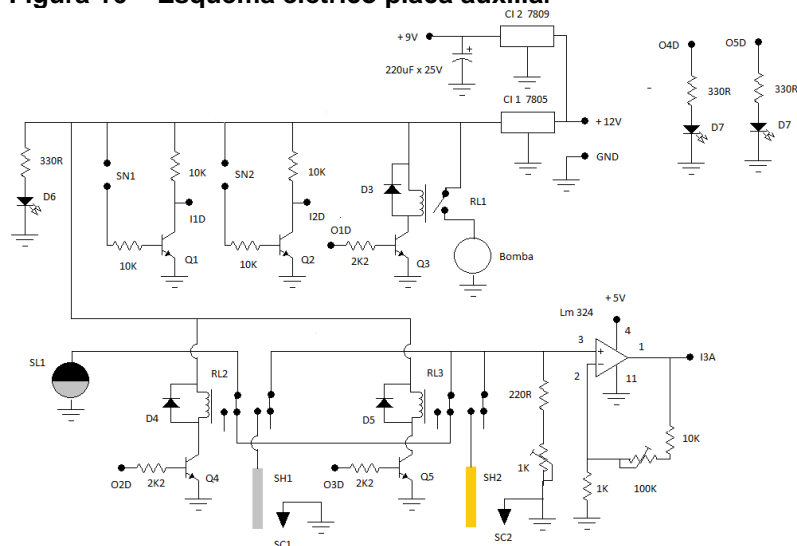
Elevação máxima: 40-110cm.

Vazão: 80-120L/H.

3.2.3 Placa Auxiliar

A placa auxiliar é a responsável pela operação da bomba e ampliação do sinal do sensor, via o comando de liga e desliga enviado pelo arduino quando o mesmo processar as informações. A placa faz a operação da bomba ativando o relé de comando da mesma, e fornecendo energia para a sua operação, já à amplificação do sinal permite que o arduino consiga ler os valores nos três canais: de luz, umidade e pH.

Figura 16 – Esquema elétrico placa auxiliar



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 16 acima fica evidente o esquema da placa auxiliar, na qual são verificadas as entradas e saídas de sinal.

- SN1 – Sensor de nível mínimo.
- SN2 – Sensor de nível máximo.
- SL1 – Sensor de luminosidade 1 (foto célula).
- SH1 – Sensor de haste 1.
- SH2 – Sensor de haste 2.
- SC1 – Sensor de contato 1.
- SC2 – Sensor de contato 2.

Entradas de sinal (enviados para a placa arduino).

I1D - Entrada 1 Digital (nível mínimo do tanque).

I2D - Entrada 2 Digital (nível máximo do tanque).

I3A - Entrada 1 Analógica (sinal de umidade, pH e Luminosidade).

Saídas de sinal (recebidos da placa arduino).

O1D - Acionamento da bomba.

O2D - Seleção da função umidade.

O3D - Seleção da função pH.

O4D - LED Verde.

O5D - LED Vermelho.

3.2.4 Funções do Sistema

O sistema apresenta as funções de ler, atuar e mostrar. Na função leitura o sistema, coleta as informações das três variáveis geradas pelo sensor e as variáveis de nível e as processa de acordo com a programação. Na função atuar, o sistema, através das informações colhidas e processadas, atua se necessário ligando a bomba para encher o reservatório, ou apenas continua com o monitoramento. A função mostrar é de cunho informativo do sistema, a qual vai apresentar as informações das variáveis de leitura através de um LCD.

Já a placa Arduino uno foi descrita em termos de especificidades técnicas anteriormente, esta placa será responsável pelo processamento dos dados colhidos pelo sensor. Cabe a placa Arduino a responsabilidade pelas tomadas de decisões e ações do processo de irrigação.

A placa terá dados parametrizados sobre condições de cultivo de determinada cultura em específico, visto que cada planta tem um modo de desenvolvimento e há variações de solo. As decisões tomadas pelo protótipo serão realizadas pela comparação dos valores colhidos e dos valores inseridos no Arduino.

3.2.5 Programação

Ainda como parte do projeto, se faz necessária a programação do protótipo. Esta linguagem será a responsável pela inserção dos dados parametrizados no

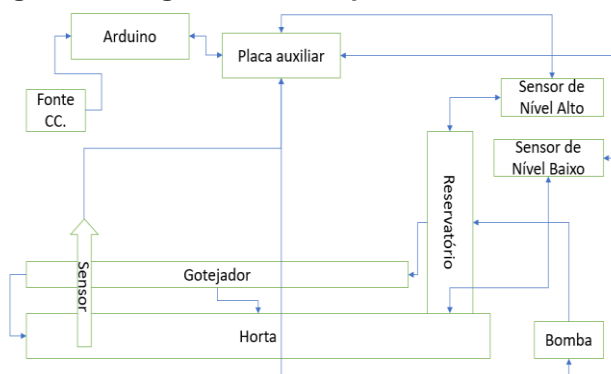
Arduino, onde estarão presentes os dados necessários para o funcionamento do sistema.

Estes dados ou parâmetros que se pretende inserir, compreendem a leitura e comparação de umidade, pH, luminosidade, tempo de atuação do sistema, horas ou tempos pré-definidos, para atuação do sistema caso ocorra falha de sensor ou processamento. A programação permite ainda a inserção de comandos para saídas visuais, como display e ledes com funções de aviso para controle do processo.

3.2.5 Diagrama do Protótipo

A Figura 17 apresenta o diagrama do protótipo que foi desenvolvido. Na figura em questão tem-se uma amostra do que foi montado em relação ao sistema de irrigação. Observa-se na figura o arduino já descrito, e que será o responsável pelo processamento das informações e tomada de decisões.

Figura 17 – Figura do Protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda em relação ao protótipo apresentado na figura 17, tem-se o sensor responsável pela coleta das variáveis de umidade, luz e pH. Complementarmente, também o sensoriamento de nível (mínimo e máximo) colocados no reservatório dosador, responsáveis por manter o nível de água.

O protótipo representado na figura 17 conta também com a bomba responsável pelo enchimento do reservatório. O reservatório será o responsável pelo fornecimento da água ao tubo gotejador, distribuindo a água sobre a base das plantas.

3.3 PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

O procedimento de calibração se deu pelo método de comparação.

3.3.1 Calibração da Luminosidade

Para o procedimento de calibração da luz utilizou-se do luxímetro (Minipa MLM-1001), ver figura 18.

Figura 18 – Figura do luxímetro



Fonte: Elaborado pelo autor

O luxímetro (Minipa MLM-1001) é usado para medir a luminosidade ou lux do ambiente, já um multímetro é empregado para medir a variação de tensão na saída de sinal amplificada do sensor. A partir deste o processo ocorreu da seguinte maneira: em um primeiro momento foram cobertos os receptores do luxímetro e do sensor e tomados nota dos valores, em lux, apresentado no luxímetro, e valor em bytes mostrado pelo monitor do arduino e o de tensão no multímetro. O segundo procedimento foi realizado para captar a luminância do ambiente, a terceira nota de valores foi com aplicação de luz artificial próxima aos sensores para se obter um valor máximo.

Então se teve um valor mínimo, um médio e um máximo. Através destes se chegou a um valor de tensão que é multiplicado com o valor lido pelo sensor no caso em bytes o qual fica então representado em lux. Isso indica dizer que o valor lido pelo

luxímetro foi dividido pelo número de bytes lidos pelo arduino, o qual gerou um valor em tensão que foi confirmado pela leitura do multímetro, sendo então inserido na programação do arduino para representar os valores em lux.

3.3.2 Calibração da Umidade

Na calibração de umidade se fez necessário a comparação com o próprio sensor já descrito, pela falta de um sensor para tal tarefa e também pela complexidade de outros métodos que determinam o teor de umidade do solo, como o de evaporação a qual compara os pesos do solo seco e solo úmido.

O processo em questão ocorreu da seguinte forma: foram deixados os sensores fora do solo e tomados os valores, também utilizando o multímetro para verificar a variação de tensão e provar a amplificação do sinal, em um próximo momento foram colocados no solo seco e anotados os valores da escala e em bytes. O próximo passo foi a adição de água nas hastes do sensor para verificar a variação de umidade e tomados os valores de leitura, em posterior momento foi encharcado o solo do protótipo para se obter o valor máximo.

Decorrente da escala do medidor original variar de 0 a 10 se optou por representar desta forma no LCD, então para tal foi utilizado o map na programação do arduino para a leitura do sensor, no qual foram inseridos os valores mínimo e máximo de bytes e a nova escala que se desejava sendo de 0 a 10. E para confirmar os valores foram colocados os sensores no solo e comparados os valores os quais apresentaram valores iguais, tanto no sensor original quanto no LCD informativo do arduino.

3.3.3 Calibração do pH

Para o processo de calibração de pH não houve um método que fosse aplicável no protótipo, por falta de sensor, e visto que os métodos para verificar acidez do solo são com reações químicas e que representam cores para os níveis de pH. Para este processo se faz o seguinte procedimento: foi aplicada uma fonte de tensão com variação na haste de pH, e se acrescentou tensão até que não houvesse mais variação de tensão no amplificador e no monitor serial.

Para isto se anotou o máximo valor de bytes, os quais foram divididos por 5 mesmo número de valores que aparecem na escala de pH. A escala informativa do LCD informa valores de 8 a 3 estes valores são convertidos da seguinte maneira, de zero a um valor x de bytes se representa no LCD o valor 8, então quanto maior o número de bytes lidos no arduino menor é o valor de pH então maior a acidez representada no LCD.

4 RESULTADOS E DISCUSOES

O protótipo proposto mostrou até o momento um funcionamento próximo ao especificado, com pequenas deficiências parciais em algumas funções. O projeto inicial do mesmo era utilizar dois reles que fariam a funcionalidade da chave seletora, onde em um primeiro momento os dois reles desligados fariam a leitura da luminosidade, em seguida um relé ligado ao canal de umidade, e após o período determinado este relé desligaria, e o outro entraria em funcionamento, todos os três canais tinham um único caminho de amplificação para uma única porta analógica.

Por algum motivo não detectado, possivelmente em função da perturbação elétrica causada pelo acionamento dos relés, o mesmo apresentou um funcionamento fora do desejado no momento das leituras as quais então apresentavam resultados não satisfatórios. A saída para isto foi aplicar um canal para cada porta analógica, tendo assim, três canais distintos os quais apresentaram funcionamento coerente para as funções desejadas.

Alguns problemas relacionados a programação, em especial a sequência de sub-rotinas necessárias para as tarefas de aquisição de dados, escrita em display e acionamento da bomba da água, demandaram um tempo de desenvolvimento acima do esperado, problemas estes solucionados com o aprofundamento dos estudos na estrutura de linguagem da plataforma Arduino.

Todos os três parâmetros puderam ser adquiridos pela placa controladora e a atuação da bomba também foi demonstrada. Todavia critérios melhores de decisão sobre níveis de umidade para o acionamento da bomba, demandam conhecimentos e pesquisas em solos e cultivo, temas fora do escopo do trabalho e da área de formação do pesquisador.

Outro desafio é dar robustez mecânica e elétrica ao protótipo, que caso seja transformado em produto, irá atuar em condições ambientais bastante diferentes das encontradas em laboratório.

São sugestões para trabalhos futuros.

Comunicação dos dados por meio de um aplicativo para smartphone, para monitorar o processo a distância.

Adição de um canal de luz artificial, para controlar a incidência de luminosidade sobre as plantas, visto que deixar um protótipo em uma sala sem a

incidência de luz solar diretamente sobre as plantas interfere no desenvolvimento das mesmas.

Utilizar sensores que tenham resistência a corrosão, pelo fato de que o sensor utilizado em questão no experimento, não pode ficar por um período maior que cinquenta a sessenta minutos no solo pelo fato de suas hastes serem de uma liga de metal que em contato direto com o solo apresentam uma deterioração.

5 CONCLUSÕES FINAIS

O trabalho em sua suposição assegurou que o sistema é aceitável de ser desenvolvido. Conclui-se com as informações levantadas no referencial teórico e na descrição das especificidades técnicas que o aparelho pode ser arquitetado, seguindo as etapas exibidas na metodologia.

Se chega ao entendimento que é passível a criação do sistema microcontrolado do gerenciamento de solo e cultivo com a aplicação de tempo de estudo, para se definir meios que sejam capazes de trazer os resultados benéficos para o tema proposto.

A criação de um protótipo com base no Arduino para automação do controle de um sistema de irrigação por gotejamento se mostrou possível de ser construída.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 06 de jun. de 2018.

ALVES, Machado. SILVA, Armando Luiz Costa da. PINTO, Marcos de Castro. SAMPAIO, Fábio Ferrentini. ELIA, Marcos da Fonseca. Uso do Hardware Livre Arduino em Ambientes de Ensino-aprendizagem. In: **Anais da Jornada de Atualização em Informática na Educação**, 2012, p. 164-187. Disponível em: <<http://br-ie.org/pub/index.php/pie/article/view/2346/2101%20acesso>>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

BANDERALI, Mauro. Ferramentas Gerenciais: a importância do monitoramento da umidade do solo na agricultura. In **Jornal Dia de Campo**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21142&secao=Ferramentas%20Gerenciais>>. Acesso em 09 de jun. de 2018.

BÁRBARA, Viníciu Fagundes. Uso do modelo qual2e no estudo da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do Rio Araguari-AP (Amazônia). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia do Meio Ambiente. Goiânia, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/593/1/Viniciu%20Fagundes%20Barbara%20em%20PDF.pdf>>. Acesso em: 17 de mai. de 2018.

BARBOSA, José Wilian. **Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino**/José Wilian Barbosa. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA - Assis, 2013.57 p. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/argTccs/1011330043.pdf>>. Acesso em: 26 de mai. 2018.

BUSKE, Taise Cristine. ROBAINA, Adroaldo dias. PEITER, Marcia Xavier, TORRES, Rogério Ricalde. ROSSO, Ricardo Benetti. BRAGA, Fabiano de Vargas Arigony. Determinação da Umidade do Solo por Diferentes Fontes de Aquecimento. **Revista Irriga**, v. 19, n. 2, p. 315-324, abril-junho, Botucatu, 2014. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/891/967>>. Acesso em 13 de jun. de 2018.

BUSKE, Taise Cristine. Comportamento do Solo Determinada por Métodos Expeditos. **Dissertação (mestrado)**. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Santa Maria – RS. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7564/BUSKE%2c%20TAISE%20CRISTINE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 13 jun. 2018.

CAMPANA, Gustavo Aguiar; OPLUSTIL, Carmen Paz. Conceitos de automação na medicina laboratorial: revisão de literatura. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 47, n. 2, p. 119-127. Abril 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpm/v47n2/v47n2a05.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. de 2018.

CAMPOS, Thiago. Porque deve Escolher o Sistema de Irrigação Correto para Produzir. **ImGrower**. Publicado em 29 de setembro de 2016. Disponível em: <<http://thiagooorganico.com/sistema-de-irrigacao/>>. Acesso em 13 de jun. de 2018.

CORRÊA, Marcel Roberto Osti, GOMES, Evandro L. B. Sensores Aplicados no Controle da Umidade do Solo para o Cultivo da Cenoura. In: **V Seminário de Automação Industrial e Sistemas Eletro-Eletrônicos – SAISEE**, ISSN 2319-0280. Santa Rita do Sapucaí-MG. 02 de julho de 2016. Disponível em: <https://www.inatel.br/biblioteca/pos-seminarios/seminario-de-automacao-industrial-e-sistemas-eleto-eletronicos/iv-saisee/9491-sensores-aplicados-no-controle-da-umidade-do-solo-para-o-cultivo/file> Acesso em 05 de dez. de 2018.

CARVALHO, Matheus Souza de. **Sensor para monitoramento de umidade do solo utilizando energia solar**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Engenharia de Software, Quixadá, 2016. Disponível em: <https://www.quixada.ufc.br/wp-content/uploads/2017/03/2016-1-ES-MATHEUS-SOUZA-DE-CARVALHO.pdf> Acesso em: 05 de dez. de 2018.

COELHO, Eugênio Ferreira Coelho. SILVA, Tibério Santos Martins. JUNIOR, Edvaldo Bispo Santana. PARIZOTTO, Ildos. Método simplificado de determinação da umidade do solo para uso em manejo de irrigação em agricultura familiar. In: **Comunicado Técnico 155**. Cruz das Almas, BA. Dezembro, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94110/1/ComunicadoTecnico-155.pdf>>. Acesso em: 13 de jun. 2018.

ELETROGATE. **Mini bomba submersa 5V p/água**. Disponível em: https://www.eletrogate.com/mini-bomba-submersa-5v-p-aqua?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=EAlaIQobChMI1YXp9--V3wIVEQuRCh1gTAOZEAQYAiABEgJ0_fD_BwE Acesso em: 06 de dez. de 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Automação e Agricultura de Precisão**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>>. Acesso em 23 de maio. de 2018.

FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Apostila de Automação Industrial**. 2005. Curso de Eletrotécnica, Universidade Federal De Santa Maria Colégio Técnico Industrial De Santa Maria, Santa Maria - RS, 2005. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/CA01.pdf>. Acesso em: 09 de mai. de 2018.

FERREIRA, Caíque Augusto; CAMARGO, Liriane Soares de Araújo de. Sistematização no Gerenciamento de Dispositivos Eletrônicos Via Rede Wireless. In: **III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga**. Outubro de 2015. Disponível em: <<http://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/233>>. Acesso em: 27 de abr. de 2018.

INAMASU, Ricardo Y. BERNARDI, Alberto C. de Campos. Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos, et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014, p. 21-33. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113993/1/Agricultura-de-precisao-2014.pdf>>. Acesso em 19 de jun. de 2018.

JÚNIOR, Afonso José de Sousa. BARBOSA, Douglas Fernandes. JÚNIOR, Ademar Gonçalves da Costa. Controle Automático de Luminosidade de Ambientes e Alarme com Trava Eletrônica, Aplicados a Sistemas Residenciais, Utilizando Rede Zigbee e Arduino. In **COBENGE 2015 – XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. 08 a 11 de setembro de 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Ademar_Goncalves_Costa_Junior/publication/307593728_Control_Automatico_de_Luminosidade_de_Ambientes_e_Alarme_com_Trava_Eletronica_Aplicados_a_Sistemas_Residenciais_Utilizando_Rede_ZigBee_e_Arduino/links/59f1bab5a6fdcc1dc7b920c1/Controle-Automatico-de-Luminosidade-de-Ambientes-e-Alarme-com-Trava-Eletronica-Aplicados-a-Sistemas-Residenciais-Utilizando-Rede-ZigBee-e-Arduino.pdf>. Acesso em 12 de jun. de 2018.

LANZETTA, Paulo. Soluções Tecnológicas: Uso eficiente da água na produção de arroz irrigado. 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1559/uso-eficiente-da-agua-na-producao-de-arroz-irrigado>>. Acesso em: 23 de mai. de 2018.

LOTUFO, Francisco Antônio. Desenvolvimento de um sensor virtual para processos não lineares e variantes no tempo, com aplicação em planta de neutralização de Ph. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Guaratinguetá, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105335/lotufo_fa_dr_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 02 de jun. de 2018.

MARQUELLI, Waldir Aparecido. Irrigação. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Disponível em:

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cenoura/arvore/CONT000gnhp6ryj02wx5ok0edacxlwt4ys1a.html>>. Acesso em: 14 de jun. de 2018.

MEIER, Micha Jakob; MELO, Francisco Ramos de. Estudo de desenvolvimento economicamente eficiente na automação de sistemas computacionais digitais. In: **Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)**. Outubro de 2017. Pirinópolis/GO. v.4, ISSN: 2447-8687. Disponível em:

<<http://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/10642/7864>>. Acesso em: 23 de abr. de 2018.

MICHELSEN, Leonardo Henrique. Arducafé – Automação e Controle do Consumo de Café. Trabalho de Conclusão de Curso. Ciência da Computação. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2017. Disponível em:

<<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4495/Leonardo%20Henrique%20Michelsen.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 de jun. de 2018.

MOLIN, José Paulo. AMARAL, Lucas Rios do. COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de Precisão**. 1 ed. São Paulo: oficina de textos, 2015. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=MX7jCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=agricultura+de+precis%C3%A3o&ots=K2blxk-dmP&sig=W8b39WuLS-nCfDCT6o6tb2clq4k#v=onepage&q=agricultura%20de%20precis%C3%A3o&f=false>>. Acesso em: 19 de jun. de 2018.

MONK, Simon. **Programação com Arduino**: começando com sketches [recurso eletrônico] /Simon Monk; tradução: Anatólio Laschuk. - 2. Ed. – Porto Alegre:

Bookman, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=B6wsDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT197&dq=linguagem+do+arduino&ots=FozorsJBGU&sig=yM6KsW_9UCmviA8SuOWoWZHVre8#v=onepage&q&f=false>.

Acesso em: 18 de mai. de 2018.

ORLETTE, Felipe Seguchi. Sistema de controle de acesso via celular usando arduino e módulo gsm. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2016. Disponível em: <<http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/492>>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

OLIVEIRA, Viviane. Irrigação por Gotejamento. **Agronegócio Interior**. Publicado em 16 de fevereiro de 2016. Disponível em: <<http://agronegociointerior.com.br/irrigacao-por-gotejamento/>>. Acesso em 13 de jun. de 2018.

PERES, Antônio Daniel Catunda. Módulo de Controle Aplicado à Automação Agrícola. Monografia submetida à Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista. Fortaleza, 2011.

Disponível em:

<<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2011.1/ANT%C3%94NIO%20DANIEL%20CATUNDA%20PERES.pdf>>. Acesso em: 28 de mai. de 2018.

PINTO, José Maria; COSTA, Nivaldo Duarte; RESENDE, Geraldo Milanez de. **Cultivo de Cebola no Nordeste**. Nov. 2007. Disponível em:

<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spcebola/irrigacao.htm>.

Acesso em: 23 de mai. de 2018.

POTTER, Marcel Borges. Análise comparativa entre amostragem de solo convencional e amostragem de solo para agricultura de precisão. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão. Santa Maria, 2014. Disponível em:

<<http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/2014/Marcel-Borges-Ptter.pdf>>.

Acesso em: 15 de jun. de 2018.

REIS, Jéssica Sarto dos. Sistema de Controle Aplicado à Automação Agrícola. 73 pág. Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Automação Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2015. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6523/8/CP_COAUT_2015_1_05.pdf> . Acesso em: 10 mai. de 2018.

RIBEIRO, Marcelino. Planta de melão irrigada por um sistema de irrigação por gotejamento. **Embrapa Semiárido**. Publicado em 29 de setembro de 2012.

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/semiario/busca-de-imagens/-/midia/628001/irrigacao-por-gotejamento>>. Acesso em 14 de jun. de 2018.

RODRIGUES, Meire Galdino Alves. ARAUJO, Glaucio Luciano. Determinação da Umidade do Solo por meio do Forno Microondas. In **II Seminário Científico da Facig**. 17 e 18 de novembro de 2016. Disponível em:

<<http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/viewFile/119/99>>. Acesso em 13 de jun. de 2018.

ROSÁRIO, João Mauricio. **Automação Industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.

SANTOS, Lorena Beatriz. Sistema automatizado para controle de umidade e temperatura em cultura de morangos aplicados aos pequenos agricultores. UniCEUB. Brasília, 2014. Disponível em:

<<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/5938/1/21016773.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2018.

SILVA, Fernanda Cristina de Souza. Mensuração direta do pH do solo em campo por meio de eletrodos íon- seletivos. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-19122013-103919/pt-br.php>>. Acesso em: 17 de mai.de 2018.

SILVEIRA, Paulo Rogério da. **Automação e Controle Discreto**. 9ª. ed. 11ª. Reimpressão. São Paulo: Érica, 2015.

SOUSA, Adriano Sampaio e. CARVALHO, Paulo Simeão. Utilização de sensores no ensino das ciências. **Revista Gazeta de Física**, v. 34. fasc. 3 e 4. julho de 2011, p. 40 a 45. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/81262/2/107010.pdf>>. Acesso em: 14 jun. de 2018.

SOUSA, André Luiz da Cunha Nascimento Dias de. BUSSON Bruna de Oliveira. Projeto De Sistema De Irrigação Para Unidade De Agricultura Familiar. Universidade de Brasília. Brasília, 2016. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14270/1/2016_AndreLuizdaCunhaNascimentoDi asdeSousa_BrunadeOliveiraBusson.pdf>. Acesso em: 02 de jun.de 2018.

SOUZA, Marcos Barros de. Potencialidade de aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003. 208p. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/saimon/materiais/Sensores.pdf> Acesso em 05 de dez. de 2018.

SUÀREZ, Lizet liñero. GUDWIN, Ricardo Ribeiro. Análise do Conhecimento Sensorial Segundo a Perspectiva da Semiótica Computacional. Campinas - SP. Disponível em: <ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/CBComp2002_2.pdf>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Universidade Estadual Paulista. Campus de Guaratinguetá. Versão 2.0. 2010. Disponível em: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf> Acesso em 05 de dez. de 2018.

YINAT. < <http://www.yinat.net/yinat-soil-moisture-meter-by-light-and-phacidity-meter-plant-tester-for-houseplants-outdoor-plants-bonsais-succulents-trees-grass-and-lawn-2-pack-no-battery-require-p-76.html>>. Acesso em: 28 de nov. de 2018.

ANEXO A – Luxímetro.

Luxímetro usado no procedimento de calibração da luminosidade.



ANEXO B – Código fonte utilizado.

```

//Bibliotecas
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);
//=====================================================
//Portas Sensor
#define Luminosidade A2;
#define Umidade A0;
#define pH A1;

//Variaveis Globais
const int Bomba = 12;
const int SensorNive1Baixo = 10;
const int SensorNive2Alto = 11;
const int Defeito = 8;

int Luminosidadevalor;
int Umidadevalor;
int pHvalor;
int Umidadevalor1;
int pHvalor1;
//=====================================================
//Controle de Tempo de Atualizacao do LCD e if bomba.
const uint16_t T1_init = 0;
const uint16_t T1_comp = 31250;

int t1_aux = 0;
boolean disp_up = 0x00;

ISR(TIMER1_COMPA_vect)
{
  TCNT1 = T1_init;
  t1_aux += 1;
  if(t1_aux == 0x05)
  {
    t1_aux = 0x00;
    disp_up = 0x01;
  }
}

```

```

}
}
//=====
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2,LCD_5x10DOTS);
  pinMode(Bomba,OUTPUT);
  pinMode(Defeito,OUTPUT);
  pinMode(SensorNive1Baixo,INPUT_PULLUP);
  pinMode(SensorNive2Alto,INPUT_PULLUP);
  digitalWrite(Bomba,LOW);
//=====
//Timer para o LCD
  TCCR1A = 0;
  TCCR1B |= (1 << CS12);
  TCCR1B &= ~(1 << CS11);
  TCCR1B &= ~(1 << CS10);
  TCNT1 = T1_init;
  OCR1A = T1_comp;
  TIMSK1 = (1 << OCIE1A);
}
//=====
void loop() {
// Defeito
if ((digitalRead(SensorNive2Alto)==0)&&(digitalRead(SensorNive1Baixo)==1)){
  digitalWrite(Defeito,HIGH);
}
else{
  digitalWrite(Defeito,LOW);
}

//Condicao Bomba
//Desliga se
if (digitalRead(SensorNive2Alto)){
  digitalWrite(Bomba,LOW);
}
//=====
//Leituras
Luminosidadevalor = analogRead(A2);
Umidadevalor = analogRead(A0);
Umidadevalor1 = map(Umidadevalor,0,860,0,10);

```

```

pHvalor = analogRead(A1);
pHvalor1=map( pHvalor,850,0,3,8);
//=====================================================

if(dispatch)
{
//Condicao Bomba
//Ligada se
  if((Umidadevalor1<=5)&&!digitalRead(SensorNive1Baixo)){
    digitalWrite(Bomba,HIGH);
  }
//LCD
//Luminosidade
  Serial.print("Luminosidade=");
  Serial.println(Luminosidadevalor*2.65);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Lux=");
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print(Luminosidadevalor*2.65);
//Umidade
  Serial.print("Umidade1=");
  Serial.println(Umidadevalor1);
  Serial.print("Umidade=");
  Serial.println(Umidadevalor);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Umi=");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print(Umidadevalor1);
//pH
  Serial.print("pH=");
  Serial.println(pHvalor);
  Serial.print("pH1=");
  Serial.println(pHvalor1);
  lcd.setCursor(10,1);
  lcd.print("pH=");
  lcd.setCursor(13,1);
  lcd.print(pHvalor1);
//Monitor serial
//Luminosidade

```

```
Serial.print("Luminosidade=");
Serial.println(Luminosidadevalor*2.65);
//Umidade
Serial.print("Umidade1=");
Serial.println(Umidadevalor1);
Serial.print("Umidade=");
Serial.println(Umidadevalor);
//pH
Serial.print("pH=");
Serial.println(pHvalor);
Serial.print("pH1=");
Serial.println(pHvalor1);
disp_up = 0x00;
}
} //Fim do programa.
```

```
//REFERENCIAS.
```

```
/*
```

```
=====
```

Curso de Arduino WR Kits Channel

Atualização de Display com Timer1

Autor: Eng. Wagner Rambo

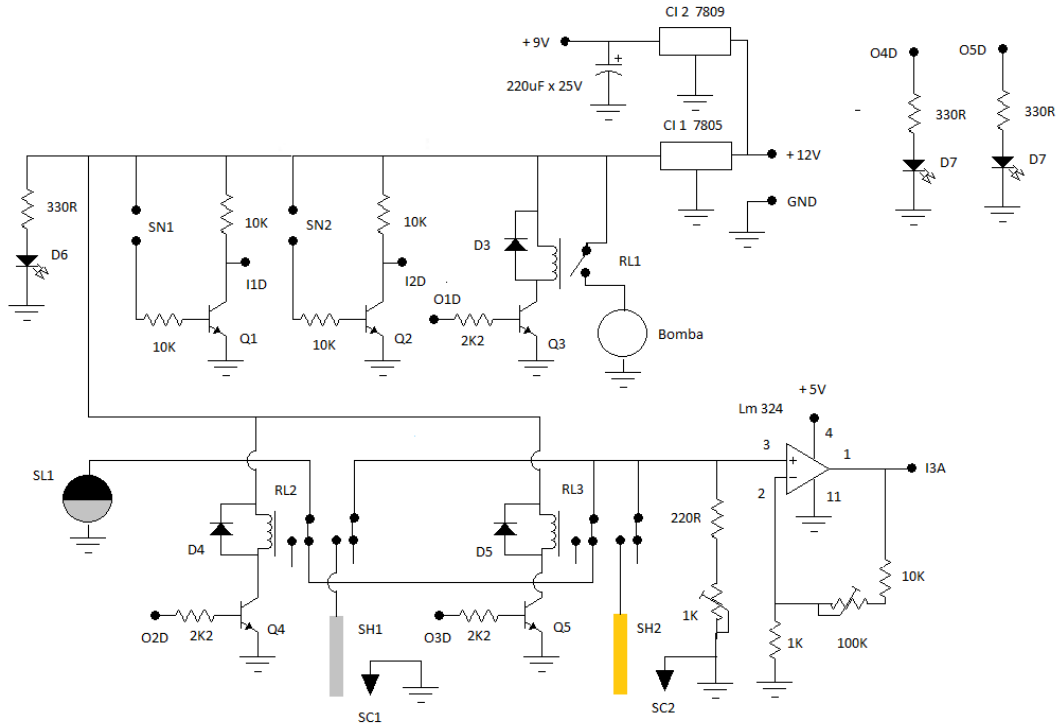
Data: março de 2018

www.wrkits.com.br | facebook.com/wrkits | youtube.com/canalwrkits

```
===== */
```

ANEXO C – Esquemático elétrico.

Esquema elétrico da placa auxiliar para controle da bomba e amplificação de sinal.



ANEXO D – Fotos do protótipo.

