

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**APLICABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO NO CULTIVO
DA COUVE - FLOR.**

OTÁVIO ARAÚJO DO AMARAL

Projeto de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2017

OTÁVIO ARAÚJO DO AMARAL

**APLICABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO NO CULTIVO
DA COUVE - FLOR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Faculdades Doctum de Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.
Professor Orientador: Joildo Fernandes Costa Junior .

Caratinga/MG

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: APLICABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO NO CULTIVO DA COUVE-FLOR, elaborado pelo(s) aluno(s) OTAVIO ARAÚJO DO AMARAL foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA ELÉTRICA das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

Caratinga 18 de Dezembro de 2017

Joildo Fernandes
Prof. Orientador

Bárbara Dutra
Prof. Avaliador 1

Andreza Silva
Prof. Examinador 2

Que nossa coragem seja maior que o medo, e nossa força tão grande quanto nossa fé...

AGRADECIMENTOS

“Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guardado na estrada e concedido tudo para que meu objetivo fosse alcançado. Agradeço também o apoio dado pela minha família, em especial, aos meus pais, Paulo e Lourdes, pelo exemplo e incentivo e por não terem medido esforços para que eu concluísse essa caminhada. À minha irmã Irene, acima de tudo, pelo companheirismo de sempre. À minha namorada, Fernanda, por ter me encorajado e caminhado ao meu lado. Meu orientador Joildo Fernandes Costa Junior por seus ensinamentos. Aos demais familiares e amigos, que acreditaram e participaram de mais um capítulo da minha história, meu muito obrigado!” ...

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

(CHARLES CHAPLIN)

ARAUJO AMARAL, Otávio. **APLICABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO NO CULTIVO DA COUVE - FLOR.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga, 2017.

RESUMO

O presente trabalho analisa a aplicabilidade de um sistema de irrigação automatizado voltado para produção de hortaliças, tornando a utilização de água e energia elétrica mais eficiente, aumentando a produtividade, na produção de couve-flor. Devido esse tipo de hortaliça exigir um controle maior da umidade através do fornecimento de água, buscou-se a implantação de um sistema de controle capaz de monitorar a faixa ideal de umidade através da tensão superficial da água, permitindo a correta aplicação do sistema de irrigação. (...)

Palavras-chave: Automação agrícola. Sistema de irrigação. Irrigação automatizada. Eficiência energética.

ARAUJO AMARAL, Otávio. **APLICABILIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO NO CULTIVO DA COUVE - FLOR.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdade Doctum de Caratinga, Caratinga, 2017.

ABSTRACT

The present work analyzes the applicability of an automated irrigation system aimed at the production of vegetables, making the use of water and electric energy more efficient, increasing productivity, in the production of cauliflower. Due to the fact that this type of greenery requires a greater control of humidity through the water supply, a control system was developed to monitor the ideal moisture range through the surface tension of the water, allowing the correct application of the irrigation system . (. . .)

Key-words: Agricultural automation. Irrigation system. Automated irrigation. Energy efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Irrigação por Aspersão	15
Figura 2 – Irrigação por Gotejamento	16
Figura 3 – Irrigação por microaspersão	17
Figura 4 – Irrigação por Superfície	18
Figura 5 – Irrigação por Inundação	18
Figura 6 – Aspersor tipo bailarina	21
Figura 7 – Sensor Blumat	22
Figura 8 – Placa Arduino	23
Figura 9 – válvula solenoide PGV100G	23
Figura 10 – Diagrama de Funcionamento Sensor Irrigas	25
Figura 11 – Fluxograma do sistema automatizado	28
Figura 12 – Placa de ensaio do sistema automatizado	29
Figura 13 – Teste do sensor irrigas	31
Figura 14 – Sistema em funcionamento na banca de testes	32
Figura 15 – Início do borbulhamento	33
Figura 16 – Fim do borbulhamento	33
Figura 17 – Tabela dos principais cultivos em kPa	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PPI	Programa Plurianual de Irrigação

LISTA DE SÍMBOLOS

kPa	Kilo Pascal
T_d	Início do Borbulhamento
T_s	Fim do Borbulhamento
T	Tensão do Solo
P	Pressão do Solo
mm	Milímetros
m^2	Metros Quadrados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DESENVOLVIMENTO	14
2.1 HISTÓRICO DA IRRIGAÇÃO	14
2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	15
2.2.1 Irrigação por Aspersão	15
2.2.2 Irrigação Localizada	16
2.2.2.1 Gotejamento	16
2.2.2.2 Microaspersão	16
2.2.3 Irrigação de Superfície	17
2.2.3.1 Irrigação por Inundação	18
2.2.3.2 Irrigação por Sulcos	18
2.3 FATORES ECONÔMICOS	19
2.3.1 Consumo de Energia	19
2.3.2 Escassez de Água	19
2.3.3 Escassez de Mão-de-Obra	20
2.4 SISTEMA DE MICROASPERSÃO	20
2.4.1 Escolha do Aspersor	20
2.4.2 Sensores	21
2.4.3 Sensores de Umidade	21
2.4.3.1 Irrigas	21
2.4.4 Arduíno	22
2.4.5 Válvulas	23
2.4.5.1 Válvulas de Solenoide	23
2.5 TIPO DE HORTALIÇA CULTIVADA	24
2.5.1 Couve-Flor	24
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
3.1 Estudo do Processo	25
3.2 Princípio de Funcionamento	25
3.3 Melhor Método Para Caracterizar Um Sensor Irrigas	26
3.4 Escolha do Sensor Irrigas	26
3.5 Preparando o Sistema Irrigas	26
3.6 Instalação do Sensor Irrigas	27
3.7 PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA	27
3.7.1 Concepção do Sistema	27
3.7.2 Programa de Controle	28

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 Estudo de Casos	30
4.1.1 Local do Estudo de Casos	30
4.1.2 Teste Sensor Irrigas	30
4.1.3 Sensor com Elemento Filtrante	31
4.1.4 Resultados Obtidos	32
4.1.4.1 Início do Borbulhamento (Td)	32
4.1.4.2 Fim do Borbulhamento (Ts)	33
4.1.5 Resultado Final	34
4.1.5.1 Início do borbulhamento	34
4.1.5.2 Fim do borbulhamento	34
5 CONCLUSÃO	36
5.1 Análises do Sistema	36
5.1.1 Viabilidade do Sistema	36
5.1.2 Estudos Econômicos Para a Implantação do Sistema	36
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	38
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
APÊNDICE A PROGRAMA SISTEMA AUTOMATIZADO	40

1 INTRODUÇÃO

No passado, a agricultura familiar não tinha valorização do Estado e da política pública, comparado com outros segmentos, como por exemplo a agricultura patronal, cujo conceito econômico e jurídico adotado contrapõe a agricultura familiar, e que conta na sua produção com vários empregados permanentes ou temporários. Essa agricultura visava o comércio nacional enquanto a agricultura familiar era voltado a subsistência (SILVA 2013).

Porém, ao longo do tempo a agricultura familiar deixou de ser apenas para o sustento. Hoje com o PRONAF, um programa feito pelo governo em parceria com o grande e pequeno produtor rural, abrange mais oportunidade no setor agrícola. Com isso ela é a responsável pela maior parte da produção que abastece o mercado interno, sendo cerca de 70% dos alimentos consumidos em lares brasileiros.

No Brasil como em vários outros países, um dos problemas encontrados, é a crise hídrica, atingindo vários setores industriais, comerciais e principalmente do agronegócio.

No final da década de 60, foi estruturado pelo Governo Federal o programa PPI, criado para o aproveitamento dos pequenos e grandes açudes.

Segundo SILVA (2005) “ O primeiro texto legal sobre a irrigação no Brasil, data de 25 de julho de 1979, com a edição da lei no 6.662- A lei da Irrigação. Sua regulamentação ocorreu em 29 de março de 1984, mediante ao decreto nº 89.496 ”. A eficiência no uso da água pode ser considerada um dos aspectos mais importantes visando nossos recursos hídricos utilizados nos processos produtivos. Como o autor destaca, “ A quantidade de água determina o quão eficiente é o sistema na utilização do recurso hídrico ”(SILVA, 2005).

O sistema de automatização da irrigação é um sistema que utiliza válvulas específicas para irrigação, sensores de temperatura e de umidade do solo adequado para cada tipo de hortaliças.

A aplicação desse sistema voltado para engenharia elétrica, disponibiliza diversos benefícios para o agronegócio, pretendendo economizar água, energia, e custos. O estudo de caso e o desenvolvimento do trabalho em si, será desenvolvido na propriedade do agricultor Paulo Severino do Amaral, localizado na zona rural de Uaporanga-MG. Esse sistema será útil na irrigação das diversas hortaliças cultivadas em seu terreno.

Além do sistema de irrigação automatizada, o presente trabalho apresentará uma análise feita pela companhia de energética de Minas Gerais (CEMIG), sobre o cronograma de irrigação noturna, no qual o produtor rural terá benefício no fim do mês na sua tarifa.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 HISTÓRICO DA IRRIGAÇÃO

No início do século XXI a água e a terra foram reconhecidas como os recursos naturais mais valiosos e escassos do mundo. Isso porque ao passar dos anos o crescimento da população humana está exigindo investimentos maiores para aumentar a demanda de alimentos e de outros produtos agrícolas. Esses aumentos precisam cada vez mais do uso de tecnologias para elevar os rendimentos das culturas exploradas. Por isso o setor agrícola está adotando práticas sustentáveis e eficientes para não causar impactos na natureza (MOROUELLI, 2011). No Brasil o agronegócio representa mais de 22% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, que são as somas de toda riqueza do País. O mesmo estudo aponta o Brasil como líder da produtividade agrícola na América Latina com crescimento médio de 3,6% por ano. Apesar de tantos números favoráveis ao nosso favor, o país apresenta vários problemas que envolve as questões ambientais, sociais e principalmente a política e a economia.

Como consequência desses problemas, as grandes tecnologias só chegaram 20 anos atrás, passando a fazer parte da agricultura do Brasil, que vem investindo muito nesse setor. Um dos investimentos feitos pelo governo junto com as empresas de energia o Programa de Irrigação Noturna (PIN), durante o período noturno o custo do consumo de energia voltado para irrigação recebe um desconto de 60%. Porém a noite não é um dos melhores momentos para irrigação manual (CALBO, 2005).

Na irrigação, existe grande perda de água, onde a falta de controle da vazão fica desnecessária para cada plantio, sendo assim uma das práticas agrícolas de maior impacto ocorrido pelo aumento da produtividade na agricultura. Apesar disso a irrigação é ainda realizada de forma inadequada, gerando um grande desperdício de água. Cerca de 50% da água captada para fins da irrigação são perdidas. Já nos sistemas de irrigação por superfície as perdas podem ultrapassar os 75%.

A importância da irrigação é proporcionar umidade certa para cada tipo de hortaliça, aumentando a produtividade. Adotando de forma correta, proporciona maior lucratividade ao produtor, com impacto direto na redução do desperdício de água e energia, por isso então surge uma necessidade de automatizar esse sistema de irrigação, podendo armazenar água em um reservatório à noite e depois irrigando através da gravidade por válvulas e sensores, ocasionando um conforto para o agricultor, pois o sistema passa a atuar normalmente sem supervisão (MOROUELLI, 2011).

2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Ainda na era cristã, a irrigação era uma técnica prática para produção agrícola, cuja importância é deslocar a água em uma determinada região visando irrigar áreas de plantação na falta de chuva, sendo a única maneira de garantir a produção agrícola em bases sustentáveis e com segurança.

No Brasil essa técnica teve início tardio, em 1881 seu primeiro projeto consistia em um reservatório para o suplemento da água a ser utilizada em plantações de arroz e milho no Sul do País.

Existem três métodos de irrigação: o de aspersão, localizada e a de superfície (CALBO, 2005).

2.2.1 Irrigação por Aspersão

Sua utilização no Brasil iniciou-se na década de 50, com a importação dos primeiros equipamentos para a produção de café, os resultados foram satisfatórios, em 1975 apareceram os primeiros equipamentos mecanizados, também com novas técnicas para culturas diferentes.

O método de aspersão é o mais utilizados para irrigação de hortaliças. A água é aplicada sobre a plantação. Porém, o desperdício de água é maior e também causa danos a planta, doenças porque atinge as folhas devido ao excesso de água (MOROUELLI, 2011).



Figura 1: Irrigação por Aspersão

Fonte:(agroclique.com.br)

2.2.2 Irrigação Localizada

É o setor mais promissor da irrigação, que consiste em aplicar a água diretamente na raiz da planta. Apresenta atualmente o maior crescimento nas áreas produtivas do país, por conta de seu nível de desperdício que é quase zero comparado com os outros tipos de irrigação. Apresenta uma eficiência de 85% a 95% de acordo com a EMBRAPA. A principal desvantagem desse sistema é seu custo de investimento (MOROUELLI, 2011).

2.2.2.1 Gotejamento

Já o sistema de gotejamento, teve início na Inglaterra, nos anos 40, mas se desenvolveu mundialmente para o comércio no Estados Unidos. A tecnologia desse sistema permite que a água seja aplicada gota a gota junto a planta, próximo sua raiz, deixando o solo com boa umidade e o consumo de água é bem inferior comparado com o método de aspersão e também não prejudica tanto a folha das hortaliças.

É preciso tomar muito cuidado com a qualidade da água, pois é um dos fatores mais importante de uma irrigação. Além de danificar as hortaliças também pode danificar o sistema de irrigação, provocando entupimento nas válvulas e no gotejo. Outro fator importante são os momentos para irrigar e a quantidade de água deve ser de acordo com cada tipo de hortaliças. Há fases em que a falta ou excesso de água provoca perda na produção (MOROUELLI, 2011).



Figura 2: Irrigação por Gotejamento

Fonte:(agroclique.com.br)

2.2.2.2 Microaspersão

Um sistema de irrigação por aspersão, onde a água é aspergida, simulando uma chuva em volta da planta. O sistema é composto por microaspersores de vários formatos e tamanhos de acordo para cada tipo de cultura. Suas vantagens são semelhantes com a irrigação localizada, fácil

visualização da água na superfície do solo. Oferece menores riscos de entupimento comparado ao sistema de gotejamento (SILVA, 2013).

Já suas desvantagens, podem favorecer o aparecimento de doenças pois molham a parte do caule da planta, a evaporação é rápida e também pode ser vulnerável a ventos atrapalhando o curso onde a água é aspergida.



Figura 3: Irrigação por microaspersão

Fonte:(ruralpecuaria.com.br)

2.2.3 Irrigação de Superfície

Há seis mil anos atrás as civilizações Mesopotâmica, chinesa e egípcia, ainda que de forma muito simples, já empregavam esse método de irrigação, sendo assim um dos primeiros métodos de irrigação a ser usado pelo homem. No Brasil a irrigação por superfície representa cerca de 51% da área irrigada, sendo aproximadamente 1,7 milhões de hectares irrigados por esse método. Quando comparado com outros sistemas seu consumo de água é bem mais significativo em razão de sua menor eficiência de aplicação e de distribuição (MOROUELLI, 2011).



Figura 4: Irrigação por Superfície

Fonte:(cpatsa.embrapa.com)

2.2.3.1 Irrigação por Inundação

A irrigação por inundação é o mais simples de todos os métodos de irrigação superficiais, tendo muitas variações. Esse método é exclusivamente utilizado nas plantações de arroz, em áreas de superfície quase planas, onde se deposita águas em valas feitas no meio da plantação que infiltrara no solo. Também esse método é utilizado na irrigação de árvores frutíferas com pequenas modificações no sistema.



Figura 5: Irrigação por Inundação

Fonte:(agrotins.to.com.br)

2.2.3.2 Irrigação por Sulcos

O método de irrigação por sulcos consiste em fazer a água correr em canais entre as linhas da plantações, adaptando em diferentes tipos de terrenos e solos. Sendo assim o processo de irrigação mais conhecido e usado no mundo. Sua eficiência depende principalmente do

movimento da água nos sulcos, assim diminuindo a perda por evaporação reduzindo a formação de crosta em solos pesados.

2.3 FATORES ECONÔMICOS

A tecnologia passou a ser o principal motivo para a automação que quer projetar, executar, monitorar e melhorar constantemente. Hoje, além do retorno econômico os negócios automatizados são considerados mais ágeis, produtivos, tendo vantagens competitivas em relação à concorrência. O sistema de automação de irrigação traz mudanças importantes para as organizações, mas sua implantação requer alguns cuidados para que o projeto, que envolve hábitos, investimento financeiro, resultados esperados, obtenha sucesso pleno. Os custos de manutenção nos sistemas de irrigação por superfície são geralmente mais elevados. Porém o governo vem incentivando os pequenos e grandes produtores agrícolas com propostas e projetos eficaz que também devem ser considerados na análise econômica. O método de automação não é simples, outro motivo na escolha do método de irrigação visando o conhecimento de cada agricultor (FRNCHI, 2014).

2.3.1 Consumo de Energia

Toda essa modernização com o uso de tecnologia, as máquinas hoje em dia, substituem a mão-de-obra e o trabalho braçal. No entanto o uso da energia elétrica fica cada vez maior (PEREZ, 2011).

2.3.2 Escassez de Água

Os recursos hídricos estão se tornando cada vez mais escassos. O principal objetivo da irrigação é oferecer uma quantidade adequada de água para planta, prevenindo o estresse hídrico, podendo afetar tanto a qualidade quanto a quantidade. A água é um componente essencial não só para a agricultura mas também para diversas atividades humanas.

O uso adequado da água pode trazer vários benefícios tendo excelentes resultados na produção de alimentos, porém do outro lado seu mau uso provoca estragos ao meio ambiente provocando sua escassez. O Brasil possui cerca de 8% da água doce disponível no mundo e permaneceu durante décadas sem dar o mínimo ao uso consciente dos recursos hídricos. Agora devido as crises hídricas sofridas durante os últimos anos, o País busca recuperar as perdas e aproveitar de forma racional e inteligente o que resta da água doce oferecida para a humanidade (MOROUELLI, 2011).

2.3.3 Escassez de Mão-de-Obra

A quantidade de mão de obra requerida para operar sistemas de irrigação pode ser mínima se dispositivos automáticos forem empregados para manter o nível da água. Algumas mãos de obra não muito especializadas serão necessárias se o manejo for feito por elevação se o nível variar ao longo do ciclo da cultura.

A agricultura supriu por meio de recursos dados pela tecnologia mais produtividade devido a carência da mão de obra, esses investimentos foram meios encontrados para aperfeiçoar os serviços da agricultura garantindo o controle dos custos e tendo maior produtividade (SILVA, 2013).

2.4 SISTEMA DE MICROASPERSÃO

Como o nome indica neste sistema a água é aplicada por aspersores rotativos ou fixos. Molhando um diâmetro de 2m a 6m dependendo do tamanho e altura. Seu custo é maior que um sistema de gotejamento sendo viável e de menor custo para culturas de espaçamento mais largo.

O sistema de microaspersão é vantajoso, pois sua manutenção é mais fácil do que as demais, requer filtragens menores. Outra vantagem desse sistema é que ele pode ser implantado em áreas de declividade elevada, permitindo a irrigação com alta frequência (MOROUELLI, 2011).

2.4.1 Escolha do Aspersor

Na hora da escolha do aspersor a ser utilizado, deve-se considerar alguns fatores como: tipo de solo se é arenoso ou argiloso, qualidade da água, o manejo de irrigação, condições da água (vazão, pressão, horários), a cultura que será cultivada, dentre outros. Também devem ser levadas em consideração as características dos aspersores, sua eficiência, pressão e vazão no qual trabalha e o funcionamento em condições de vento (GRIBBIN, 2009).

Nessa seleção de aspersores devem-se utilizar cálculos e tabelas pelos fabricantes onde estão os dados de cada aspersores, suas especificações como: diâmetro de alcance, sua precipitação, pressão de serviços, etc.



Figura 6: Aspersor tipo bailarina

Fonte:(MOROUELLI)

2.4.2 Sensores

Um sensor de umidade analógico é o dispositivos mais comum. Marca a umidade relativa do ar utilizando um sistema capacitivo que são os mais utilizados. Esse tipo de sensor é aquele que mesmo limitado entre dois valores de tensão, pode assumir infinitos valores, isso significa que para cada nível da condição medida, haverá um nível de tensão correspondente. Esse sensor é geralmente revestido de vidro ou (SABER ELETRÔNICA, 2006).

Já o sensor digital é baseado em níveis de tensão bem definidos, existe hoje no mercado diversos sensores de tipos e preços diversos, por isso a escolha dos sensores digitais depende de vários fatores.

2.4.3 Sensores de Umidade

Para um agricultor obter um resultado positivo na qualidade de sua plantação ou em qualquer outra atividade agrícola, é muito importante controlar a umidade do solo a fim de garantir toda a eficiência da água que é oferecida para o plantio que está sendo cultivado em determinada área. Existe hoje no mercado métodos diretos e indiretos para determinar a umidade do solo.

2.4.3.1 Irrigas

Um novo sistema para avaliar a tensão de água no solo e patenteado pela EMBRAPA com a marca registrada irrigas. Seu sistema comercial consiste na sua forma básica, com cápsulas

poderosas(sensor) de tensão crítica de água apropriada a cada cultivo, essas cápsulas entram em equilíbrio de tensão de água com o solo.

Quando o solo seca alguns poros se esvaziam o que torna o sensor permeável a passagem de gás, aplicando pressão até iniciar-se o borbulhamento de cápsulas imersas de água. O sensor irrigas pode ser automático ou manual, sendo simples sua fabricação e baixo custo, precisando apenas de manutenção a cada término das plantações. O uso do sistema tem sido mais frequente no cultivos de hortaliças, onde novas tecnologias de automação trazem solução (MOROUELLI, 2011).



Figura 7: Sensor Blumat

Fonte:(Hidrosense.com.br)

2.4.4 Arduíno

Criado por Massimo Banzi e David Cuartielles em 2005, é uma plataforma de prototipagem eletrônica. Seu objetivo é permitir o desenvolvimento de controle de sistemas, de baixo custo podendo ser acessível ao grande e pequeno agricultor. Com o arduíno é possível enviar e receber informações para obter comandos automáticos no sistema de irrigação.

Possui em sua placa um micro controlador, uma CPU, com memória RAM e memória programada (ROM),com dispositivos de entrada e saída, software e hardware. Tudo isso em um só chip(SABER ELETRÔNICA,2006).



Figura 8: Placa Arduíno

Fonte:(techtudo.com .br)

2.4.5 Válvulas

O uso de válvulas numa irrigação automatizada, tem o intuito de determinar as áreas de irrigação ou aumentar a pressão da água em diferentes setores. Existem vários tipos de válvulas no comércio, onde seus acionamentos podem ser de quatro maneiras, são elas: manual, hidráulico, elétrico e pneumático(PEREZ, 2011).

2.4.5.1 Válvulas de Solenoide

A válvula de solenoide é um exemplo de válvula com controle elétrico, que possui abertura e fechamento controlados através de um comando elétrico, sendo por corrente ou pulsos com diferentes níveis de tensões. A válvula solenoide PGV100G da HUNTER, oferece qualidade, eficiência e durabilidade suficiente para suportar grandes pressões.



Figura 9: válvula solenoide PGV100G

Fonte:(www.hunterindustries.com)

2.5 TIPO DE HORTALIÇA CULTIVADA

2.5.1 Couve-Flor

É um tipo de hortaliça muito exigente sobre solo e clima. Por ser pouco tolerante a acidez, seu nível de pH na terra deve variar de 6 a 6,8. A boa drenagem do solo é essencial, pois a couve-flor, precisa de um crescimento rápido e regular. O clima para o desenvolvimento normal das variedades de couve-flor (Barcelona e Verona). A Barcelona onde é cultivada no inverno, onde a semente e a planta suportam temperaturas abaixo de 16 graus. Já a Verona é cultivada nas estações mais quentes do ano, podendo suportar temperaturas acima de 35 graus. Por isso as plantações comerciais dessa hortaliça, está distribuída em regiões onde o clima é predominantemente fresco e relativamente úmido(MOROUELLI,2011).

No entanto há um problema. A couve-flor e outros de sua família (brócolis, repolho, nabo, couve verde) podem ser cultivados com êxito, mas estão sujeitos ao ataque das mesmas pragas e outras doenças. Então há uma necessidade de rodízio de 1 ano a 4 anos, dependendo do pH da terra e de como ela é tratada, no aspecto físico e químico.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo apresenta-se uma proposta de um sensor de umidade irrigas voltado para a irrigação automatizada. Também serão abordado dados sobre o funcionamento do sistema de irrigação e sobre as hortaliças cultivadas para cada tipo de solo.

3.1 ESTUDO DO PROCESSO

O sistema gasoso de controle de irrigação foi patenteado pela EMBRAPA (2000), com marca registrada irrigas. O sistema é utilizado para avaliar a tensão de água no solo, tendo um controle da absorção de água pelas plantas. O sensor do sistema irrigas é durável, custo dos equipamentos são baixos, e de fácil instalação. Esse sensor pode ser utilizado em diferentes tipos de solos, de sistemas de irrigação, e diferentes cultivos (GRIBBIN, 2009).

3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

O sistema irrigas consiste de uma cápsula porosa(sensor), conectada em um tubo de plástico flexível, uma cuba de leitura e um recipiente com água. A cápsula porosa pode ser construída de várias maneiras, tamanhos, modelos e porosidade. São feitas de cerâmica, tipo uma vela de filtro, só que menor, podendo ainda ser construída com diferentes tipos de resinas e materiais porosos (MOROUELLI, 2011).

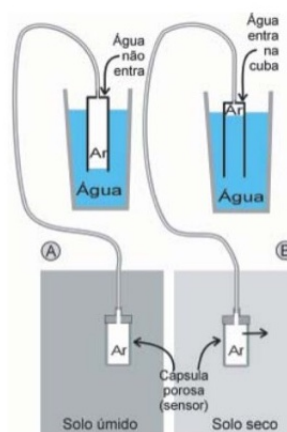


Figura 10: Diagrama de Funcionamento Sensor Irrigas

Fonte:(Morouelli)

3.3 MELHOR MÉTODO PARA CARACTERIZAR UM SENSOR IRRIGAS

Há vários métodos para caracterizar um sensor irrigas, através de sua tensão crítica de desorção(T_d), início do borbulhamento e a tensão crítica de sorção(T_s), fim do borbulhamento da cápsula porosa. O método mais utilizado é o da câmara de Richards, porém é um método demorado. Assim o mais viável no momento é o método de caracterização com cápsulas imersas em água, utilizando um compressor para fazer uma pressão na cápsula porosa do sensor ocasionando borbulhamento, pois este é um método mais rápido e que gera uma estimativa mais similar de T_s e T_d do que os outros métodos(MOROUELLI,2011).

3.4 ESCOLHA DO SENSOR IRRIGAS

A escolha deve ser feita conforme a tensão limite de água no solo, mostrando um bom desempenho para a planta a ser cultivada. No mercado existem sensores com diferentes tensões que são o de 15kPa, 25kPa e 40kPa. Como regra geral, essas são as faixas de tensão matricial de água no solo:

- 0 à 10 kPa – Solo próximo a saturação;
- 10 à 20 kPa – Solo com excelente condição de umidade e boa saturação;
- 20 à 40 kPa – Solo com boa condição de umidade e excelente saturação. Melhor faixa indicada para a irrigação hortaliças sensíveis ao déficit hídrico;
- 40 à 70 kPa – Solo com disponibilidade limitada de água;
- 70 kPa – Solo com baixa disponibilidade de água;

A Tabela 1(MAROUELLI, 2008), mostra o tipo de sensor a ser usado, o melhor sistema de irrigação a ser utilizado para a hortaliça a ser cultivada.

No caso da couve- flor, para o sistema de irrigação por aspersão, o sensor escolhido será o de 40 kPa. Já para o sistema de irrigação por gotejamento, o sensor escolhido será o de 25kPa, pois a umidade atingirá diretamente na raiz da planta(MOROUELLI,2011).

3.5 PREPARANDO O SISTEMA IRRIGAS

O sistema irrigas a ser desenvolvido requer calibração e cuidados necessários antes de serem levados ao campo, porém sua instalação é bastante simples conforme as etapas a seguir:

- Primeiro passo, realizar um contato visual de cada sensor irrigas, a cápsula porosa, o tubo e a cuba, se não estão danificados e se as mangueiras estão bem conectadas e vedadas para evitar vazamentos;
- Realizar o teste de vazamento, para verificar se estão em condição de uso;

- A cápsula porosa não deve ficar dentro da água por mais de 60 segundos, se não provoca o enchimento de sua cavidade, comprometendo o funcionamento do sensor;
- Os sensores são frágeis e sensíveis, por isso não devem ser manuseados sem precisão, pois a oleosidade das mãos e o solo prejudica a condutividade da cápsula porosa, afetando a velocidade de resposta do sensor.

3.6 INSTALAÇÃO DO SENSOR IRRIGAS

A escolha do local e o cuidado na instalação é muito importante, para que as leituras realizadas sejam confiáveis. Para uma leitura precisa os sensores devem ser instalados em pelo menos três lugares diferentes do local escolhido. Os sensores ao ser instalados, devem ter duas profundidades, a primeira na faixa de 50% da profundidade, onde a umidade atingirá a raiz. Já o segundo sensor, deve ser instalado no limite inferior do sistema. O primeiro sensor indica o momento de se irrigar e o segundo avalia se a quantidade de água aplicada no solo a cada irrigação está excessiva ou não(SILVA,2013).

3.7 PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA

3.7.1 Concepção do Sistema

O desenvolvimento desse sistema, buscou determinar a vazão da água do reservatório e a relação de pressão através da vazão entre a válvula solenoide e o compressor. A pressão da água de uma tubulação foi medida 25,4 mm. Para manter a velocidade da água descendo na gravidade pela tubulação, visando uma irrigação constante sobre as hortaliças, desenvolvemos um fluxograma onde:

- Reservatório – reservatório de 10 mil litros de água, altura média de 30 metros da área a ser irrigada;
- Registros – serão divididos os registros em etapas através da tubulação, ao caso de alguma manutenção ou alguma falha no sistema;
- Válvula solenoide – recebendo o comando do relé, a solenoide acionará a área que precisara ser irrigada;
- Relé – o relé recebe as informações dada pela placa de arduíno e dos sensores de umidade, enviando essas informações para a válvula solenoide;
- Placa de arduíno – recebe as informações dos sensores acionando o relé;
- Compressor – o compressor vai direto para o sensor de umidade, medindo sua pressão em kpa;

- Sensor – o sensor por sua vez manda informações para a placa de arduino(FRANCHI,2014).

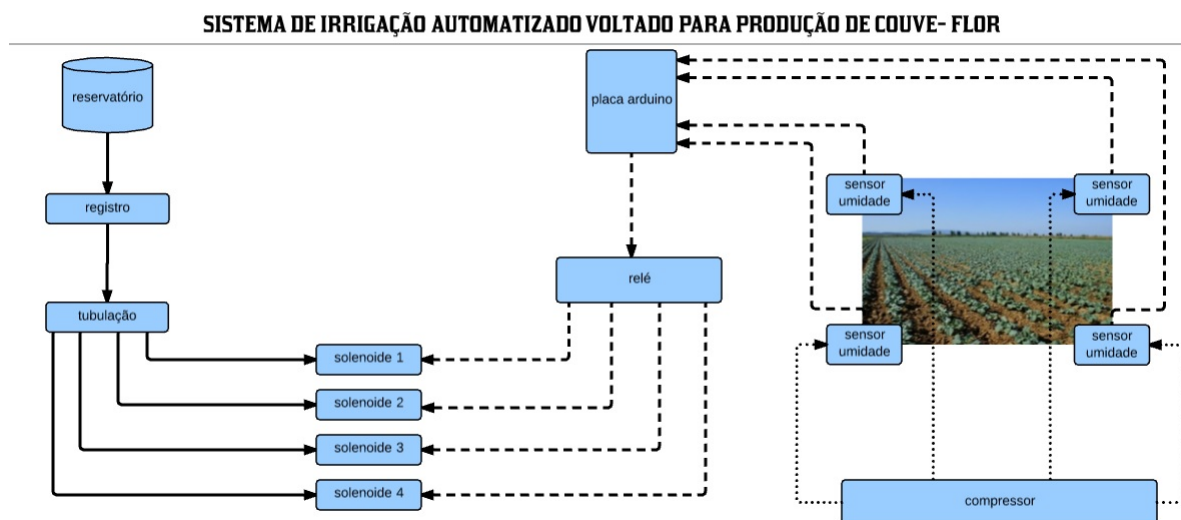


Figura 11: Fluxograma do sistema automatizado

Fonte:(autor)

3.7.2 Programa de Controle

A função do programa é acionar o relé e a válvula solenoide quando a umidade do solo estiver baixa. Cada área a ser irrigada possui uma válvula e um sensor que controla suas atividades. O compressor será ligado direto no sensor para medir a pressão necessária em kpa que a planta necessita. Já a placa de arduino receberá informações dos sensores passando para o relé que acionará as válvulas de acordo com a área a ser irrigada (FRANCHI, 2014).

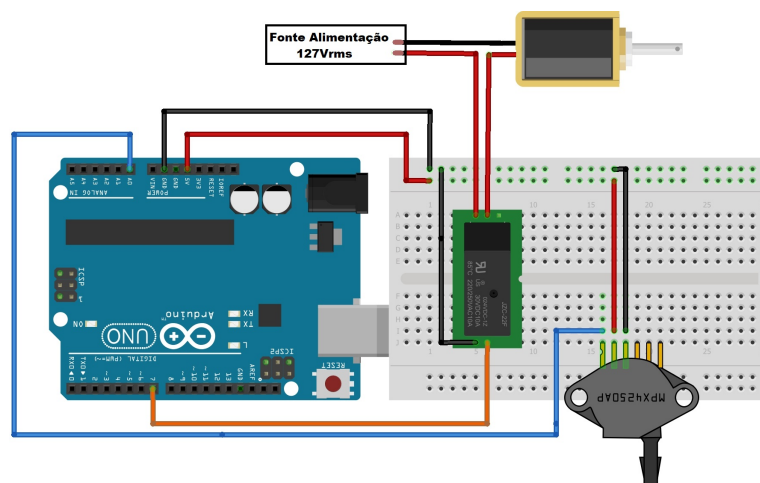


Figura 12: Placa de ensaio do sistema automatizado

Fonte:(autor)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTUDO DE CASOS

A automação da irrigação em pequenas plantações desperta grande interesse de estudo, pois analisando e comprovando que ela é viável e eficiente, certamente despertará interesse em cultivos de grande porte.

4.1.1 Local do Estudo de Casos

A principal etapa do trabalho foi conduzido no campo teórico, analisando as vantagens da irrigação automatizada e a partir dos resultados obtidos, propondo uma automação de baixo custo e eficiente. Foram analisados dois tipos de sensores (capa porosa), um modelo comercial e outro modelo da adaptação de elemento filtrante. Sendo analisado no solo onde a hortaliça é cultivada e os testes feitos no Laboratório de Hidráulica da Faculdades Doctum de Caratinga.

4.1.2 Teste Sensor Irrigas

Para obter um resultado preciso realizamos vários testes diretamente no solo, conforme a Figura 13. Onde foram utilizados:

- Sensores de umidade irrigas modelo comercial;
- Recipiente com a terra coletada da área do plantio;
- Recipiente com água;
- 1 tubo de seringa;
- Conexões e tubulações de 6 mm.



Figura 13: Teste do sensor irrigas

Fonte:(autor)

Porém seus valores de pressão e tensão no solo ultrapassaram o valor da hortaliça que no caso é de 40 kpa e os sensores obtiveram dados de 60 a 70 kpa, concluindo que, para couve-flor esses sensores não funcionariam(MOROUELLI,2011).

4.1.3 Sensor com Elemento Filtrante

No segundo teste conforme a Figura 14, utilizamos esses tipos de materiais para desenvolver o sensor:

- 1 vela de filtro comum;
- 2 conexão em formato de T;
- 1 registro para aumenta e diminuir a pressão;
- Tubulações de irrigação de tamanho 6 mm;
- 1 compressor
- 1 fonte de 12 v para ligar o compressor;

- Medidor de pressão kpa;
- O principal, a banca de testes no Laboratório de Hidráulica da Faculdade Doctum de Caratinga.



Figura 14: Sistema em funcionamento na banca de testes

Fonte:(Autor)

4.1.4 Resultados Obtidos

Conforme o método de caracterização com as cápsulas porosas, foram medidas as tensões em kpa, do começo do borbulhamento e no final do borbulhamento.

4.1.4.1 Início do Borbulhamento (Td)

Nesse caso a cápsula porosa instalada no solo se torna permeável a passagem de ar, sendo assim seu borbulhamento é mais constante. A Figura 15, encontramos uma pressão de 25 kpa.



Figura 15: Início do borbulhamento

Fonte:(Autor)

4.1.4.2 Fim do Borbulhamento (T_s)

Por outro lado, para estimar a umidificação ou sorção por borbulhamento, diminui-se lentamente a pressão kpa ate o fim do borbulhamento, como podemos analisar na Figura 16, sendo o valor da pressão 15 kpa, como visto anteriormente, um valor com o solo em boa condição de umidade.



Figura 16: Fim do borbulhamento

Fonte:(Autor)

4.1.5 Resultado Final

Conforme a metodologia de estudo e os resultados obtidos, podemos concluir que o sensor de vela de filtro correspondeu bem aos testes, pois seus valores de tensão e pressão do solo, bateram exatamente com os números da figura x, que mostra a quantidade de kpa que a hortaliça necessita.

Através das fórmulas:

4.1.5.1 Início do borbulhamento

$$T = Td - PT = 25kPa - 25kPaT = 0kPa \quad (4.1)$$

Nesse resultado, o sensor é acionado pois a tensão é igual a zero, e o solo está necessitando de água, pois a umidade está relativamente baixa.

4.1.5.2 Fim do borbulhamento

$$T = Td + PT = 15kPa + 25kPaT = 40kPa \quad (4.2)$$

Nesse caso o sensor é desligado pois a tensão é igual a 40 kpa, uma condição satisfatória para a hortaliça, porque o solo vai estar com uma umidade ótima e o tipo de sistema de irrigação que será utilizado que é o método por aspersão, corresponde os mesmo 40 kpa para couve flor e também para outros tipos de hortaliças, caso algum dia seja cultivada (MOROUELLI, 2011). Conforme a tabela abaixo:

Hortaliça	
Irrigação* (kPa)	Aspersão
15	Aipo, alface, alho, cebola, cenoura, folhosas em geral, morango, rabanete
25	Abóbora, abobrinha, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, ervilha-torta, espinafre, feijão-vagem, jiló, melancia, melão, nabo, pimentão
40	Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate
40*	Ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha
Sulco	
25	Abóbora, abobrinha, aipo, alface, alho, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, cebola, cenoura, ervilha-torta, espinafre, feijão-vagem, folhosas em geral, jiló, melancia, melão, morango, nabo, pimentão, rabanete
40	Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate
40*	Ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha
Gotejamento	
15	Abóbora, abobrinha, aipo, alface, alho, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, cebola, cenoura, ervilha-torta, espinafre, feijão-vagem, folhosas em geral, jiló, melancia, melão, morango, nabo, pimentão, rabanete
25	Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate
40	Ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha

Figura 17: Tabela dos principais cultivos em kPa

Fonte:(MOROUELLI)

5 CONCLUSÃO

5.1 ANÁLISES DO SISTEMA

5.1.1 Viabilidade do Sistema

Existem vários tipos e marcas diferentes de produtos eletrônicos ligados a irrigação, porém no mercado é difícil encontrar equipamentos para automação da irrigação com custos acessíveis a produtores da agricultura familiar.

Após estudos detalhados do sistema de irrigação automatizado proposto, foi possível concluir que é viável fazer a automação do sistema com baixo custo financeiro. O sistema de irrigação foi implantado em uma área particular. Não há dúvidas sobre os benefícios que a automação traz para o agricultor. Alguns agricultores ficam com receio quanto a confiabilidade do sistema, porém, o investimento gasto na implantação do sistema é recuperado trazendo economia e benefícios ambientais, onde a produção terá custos menores relativos ao consumo de água e energia elétrica. Por isso a automação é vantajosa e aconselhada para qualquer sistema de irrigação.

5.1.2 Estudos Econômicos Para a Implantação do Sistema

Este estudo parte de dados reais de um agricultor que possui um terreno de 1 hectare de terra, dividido em quatro etapas de irrigação. O estudo da implantação do sistema de irrigação automatizado, partiu dos dados do consumo de água e energia. Sabe-se que as hortaliças principalmente a couve-flor é o maior consumidor de água desse terreno.

Cada área de cultivo possui aproximadamente $400m^2$, o consumo de água dessa hortaliça corresponde cerca de $2L/m^2$, com isso o consumo médio é de 800 L por dia, por cada área cultivada (GRIBBIN, 2009).

Com o deficit hídrico desde 2014, não vem sendo utilizado a irrigação por gravidade, pois a água no reservatório não estava se mantendo. Por conta disso ocasionou o uso de bomba elétrica.

No começo as contas estavam altas e assustando o agricultor. Como foi citado anteriormente a irrigação manual tem um desperdício muito grande. No mês de outubro de 2016 esse agricultor chegou a pagar R\$156,73 de energia elétrica.

Em setembro deste ano, com o sensor já em funcionamento nas áreas de plantação, irrigando no horário certo que a planta realmente necessita de água. O agricultor por sua vez teve uma surpresa ao receber a fatura do mês de outubro de 2017, reduzindo sua conta de energia

drasticamente, com cerca de 70% do valor inicial, outro ponto positivo foi a volta da utilização de irrigação por gravidade.

Como foi visto na viabilidade do sistema e nos experimentos realizados, a proposta de automação é viável economicamente.

Em qualquer trabalho onde se fala de automação o fator econômico pode ter um limite, porém podem ocorrer gastos inadequados. A introdução desse sistema visa a redução da mão-de-obra, aumento da qualidade dos produtos, redução de custos e gastos devido ao seu uso eficiente e maior produção.

Esse trabalho foi realizado após vários estudos, testes e acompanhamento no campo, obtendo um resultado satisfatório para o autor e principalmente para o agricultor.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como forma de trabalhos futuros, o modelo construído aborda um assunto amplo. A proposta para melhorias do projeto são:

- Adicionar um sensor de chuva;
- Usar vários sensores e válvulas, para diferentes cultura na mesma área;
- Comunicação sem fio;
- Análises sobre pressão atmosférica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- SILVA. M. I. L. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de pimenta (capsicum baccatum L.), cv. dedo-de-moça em função do estágio de maturação dos frutos.** 2013, 62 f. Tese (Pós-graduação em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, 2013. Disponível em: < <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/82/Tese%20%282013%29%20MARIA%20ISABEL%20DE%20LIMA%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.
- 2- FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos.** 5 ed. Volume único. Saraiva. 2014. 252 p.
- 3- GRIBBIN, J.E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais.** Cengage Learning. 1 ed. Volume único. 2009.
- 4- CALBO, A.G; SILVA, W.L. DE C. **Sistemas Irrigadas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvidos.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 174 p.
- 5- MOROUELLI, W. A., SILVA, W.L. de C., SILVA, H.R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e métodos práticos de manejo.** Embrapa Informação Tecnológicas, Brasília, DF, 2008. 111P.
- 6- MOROUELLI, W. A., SILVA, W.L. de C., SILVA, H.R. **Irrigação e fertilização em fruteiras e hortaliças.** Embrapa Informação Tecnológicas, Brasília, DF, 2011. 769P.
- 7- FAO, FOOD. ORGANIZATION. UNITED. NATIONS. **Meio ambiente entre as nações.** FAO, 2011. 16P.
- 8- CARVALHO. J. PAULO. **Densidade do solo, porosidade e água potável.** 2006. 18P.
- 9- SABER ELETRONICA. Eutíquio Lopez. Edriano C. de Araújo. Gustavo Peixinho . **Arduino e pc.** 474 ed. Volume único. Saraiva. 2006..

APÊNDICE A PROGRAMA SISTEMA AUTOMATIZADO

```
// controle de pressao

int solenoide = 0; // Rele no pino 7
int Sensor = 0; // Sensor pressao no pino analogico A0
int valorsensor = 0; // valor lido pelo sensor
float pressao = 0; // valor convertido em kPa

void setup () {
pinmode( solenoide ,OUTPUT); // define a porta 7 como saida
serial.begin(9600); // inicia a comunicacao serial
}

void loop() {
/// ler o valor do sensor
valorsensor = analogRead(sensor) ; // o valor lido sera entre 0 e 1023

// converte o valor analogico (41 - 961) para pressao em kPa (0 - 50)
pressao = valor sensor * (50 / 961.0);

//se o valor lido for menor ou igual a 50, liga a solenoide if(valorsensor<= 50)
digitalwrite(solenoide ,HIGH);
//senao, desliga solenoide
elsedigitalwrite(solenoide ,LOW);

//imprime o valor lido do sensor no monitor serial
Serial.println (pressao);
delay(1000)
}
```