



**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E MEIO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU RESIDÊNCIA EM
PRÁTICAS AGRÍCOLAS, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL**

ÁLAN DE OLIVEIRA MACHADO

**Construção de um Painel Didático para Capacitação de Irrigação Através do
Método Pinga**

Niterói - RJ
2022

ÁLAN DE OLIVEIRA MACHADO

**Construção de um Painel Didático para Capacitação de Irrigação Através do
Método Pinga**

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso de Pós-graduação Lato Sensu Curso de Residência em Práticas Agrícolas e Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Especialização.

Orientador(a): Prof. Dr. Márcio Cataldi

Niterói - RJ
2022

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

M149c Machado, Álan de Oliveira
Construção de um Painel Didático para Capacitação de
Irrigação Através do Método Pinga / Álan de Oliveira
Machado. - 2022.
46 f.

Orientador: Márcio Cataldi.
Monografia (residência)-Universidade Federal Fluminense,
Escola de Engenharia, Niterói, 2022.

1. Uso racional da água. 2. Automação. 3. Irrigação. 4.
Produção intelectual. I. Cataldi, Márcio, orientador. II.
Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. III.
Título.

CDD - XXX

ÁLAN DE OLIVEIRA MACHADO

Construção de um Painel Didático para Capacitação de Irrigação Através do Método Pinga

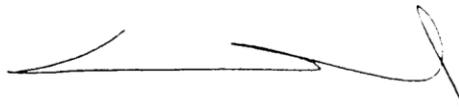
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Pós-graduação Lato Sensu Curso de Residência em Práticas Agrícolas e Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Especialização.

Aprovada em 17 de novembro 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Márcio Cataldi, D.Sc. – (Orientador)
UFF – Universidade Federal Fluminense



Prof. Leonardo Da Silva Hamacher, DSc.
UFF – Universidade Federal Fluminense



Prof. Ivênio Moreira Da Silva, DSc
UFF – Universidade Federal Fluminense

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Maira de Lourdes e Arlindo Machado pelos ensinamentos e lições ao longo desta caminhada;

Aos meus irmãos Arlindo e Anabel pelas conversas e por me apoiarem em minhas escolhas e conquistas;

À minha companheira Renata Laranjeira da Silva que em um toque de luz, paz e amor me ensinou a ver e viver a vida de um modo diferente. “NAMASTÊ!!!”;

A todos os acadêmicos que desenvolvem pesquisas inovadoras como forma de tecnologia sociais, ambientalmente corretas e economicamente viáveis;

Ao MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), a UFF (Universidade Federal Fluminense) e FEC (Fundação Euclides da Cunha) pela parceria e por ofertarem o curso lato senso de especialização em Práticas Agrícolas Assistência Técnica e Extensão Rural e pela bolsa disponibilizada;

Ao Márcio Cataldi orientador deste projeto por acreditar nessa proposta e pelos ensinamentos;

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem ao convite;

A todos que passaram pelo momento difícil na pandemia da covid-19, desejo conforto no coração da famílias e amigos que perderam entes queridos.

RESUMO

Sabendo que a agricultura mundial consome aproximadamente 70% da água potável para produção de alimentos e que o Brasil detém cerca de 12% de toda água disponível no planeta em nosso território, o mal uso deste recurso pode fazê-lo “acabar” em forma de poluição hídrica. A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar a disponibilidade da água das chuvas, suprimindo as necessidades hídricas das culturas por proporcionar umidade no solo, aumentando sua produtividade, fazendo com que a expansão de plantios em áreas com cobertura vegetal natural diminua. O manejo da irrigação consiste na determinação do momento, da quantidade e de como aplicar a água na plantação, levando em consideração outros aspectos do sistema produtivo como o controle fitossanitário, as condições meteorológicas, econômicas e as estratégias de condução da cultura. O presente trabalho visa atender as demandas de agricultores inscritos no programa de Assistência Técnica e Extensão Rural desenvolvido em parceria com a Universidade Federal Fluminense e o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. A proposta de se desenvolver um projeto de irrigação autônomo para grandes áreas agrícolas fazendo-se o uso de um acionador simplificado de irrigação (ASI), partiu do conhecimento prévio, por parte do pós-graduando, de artigos científicos e trabalhos acadêmicos de acordo com Medici (2008). Com isto, este trabalho tem por objetivo a avaliação do potencial de um acionador autônomo a baixo custo, tendo como base para automação do sistema, ASI desenvolvido em projetos de pesquisas acadêmicas comprovadamente eficientes.

Palavras-chave: sistema de irrigação, baixo custo, automatização, recursos hídricos.

ABSTRACT

Knowing that world's agriculture consumes approximately 70% of the drinking water for food production and that Brazil holds about 12% of all available water on the planet in our territory, the misuse of this resource can make it "end" in the form of pollution water. The irrigation of agricultural crops is a practice used to complement the availability of rainwater, supplying the water needs of the crops by providing moisture in the soil, increasing their productivity and causing the expansion of plantations in areas with natural vegetation cover to decrease. Irrigation management consists of determining the timing, quantity and how to apply the water to the plantation, taking into account other aspects of the production system, such as phytosanitary control, meteorological and economic conditions, and crop management strategies. This work aims to meet the demands of farmers enrolled in the Technical Assistance and Rural Extension program developed in partnership with the Universidade Federal Fluminense and the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. The proposal to develop an autonomous irrigation project for large agricultural areas using a simplified irrigation trigger (SIT) came from the postgraduate student's prior knowledge of scientific articles and academic works according to Medici (2008). With this, this work has as objective the assessment of potential a trigger autonomous irrigation project at low cost, having as base for automation of the system, SIT developed in proven academic research projects.

Keywords: irrigation system, low cost, automation, water resources.

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS.....	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivo específico.....	11
2 JUSTIFICATIVA	11
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	11
3.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	11
3.2 ÁGUA NA AGRICULTURA	14
3.3 RECURSOS HÍDRICOS NAS PROPRIEDADES RURAIS	15
3.4 ÁGUA NO SOLO	17
3.4.1 Tensão Superficial Da Água.....	18
3.4.2 Forças De Coesão E Adesão.....	18
3.4.3 Capilaridade.....	18
3.4.4 Potencial Hídrico	18
3.5 IRRIGAÇÃO	19
3.5.1 Métodos de Irrigação	21
3.5.2 Manejo nos Sistemas de Irrigação	22
3.6 AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA.....	25
3.6.1 Irrigação Automatizada	26
3.6.2 Acionadores Autônomos a Baixo Custo na Irrigação	26
3.7 FONTES DE ENERGIA	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	32
4.2 MODELO DE ACIONADOR PROPOSTO	32

4.3 LOCALIZAÇÃO DO ACIONADOR NA ÁREA	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 descrição e montagem do acionador.....	34
5.2 Avaliação do potencial do acionador.....	36
5.3 Custo.....	38
6 Considerações finais	39
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	40
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma imensa área territorial o que permite a diversificação do seu relevo, das espécies de plantas e animais, dos diferentes biomas, dos recursos hídricos e das variações climáticas de norte a sul ou de leste a oeste do país. As mudanças climáticas e a falta de sinergia dos seres humanos com o meio ambiente afetam diretamente o ciclo da água, podendo tornar este recurso um bem escasso (LOPES; SILVA JUNIOR; MIRANDA, 2015).

Sabendo que a agricultura do país consome aproximadamente 70% da água potável que temos disponível e que o Brasil detêm cerca 12% de toda água disponível no planeta em nosso território (ANA, 2018), o mal uso deste recurso pode fazê-lo “acabar” em forma de poluição hídrica.

Na agricultura o método de irrigação a ser utilizado é correlacionado com a forma e local que a água está sendo disponibilizada para a cultura, dentre os métodos temos: xique-xique; superficial por sulcos; aspersão; microaspersão; e gotejamento. O fornecimento de água no tempo e quantidade adequados com o coeficiente hídrico da cultura (kc), correto de acordo com a exigência da cultura. O volume de lâmina d' água fornecida a planta varia com condições meteorológicas e os diferentes estádios fenológicos da planta (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2016).

Segundo Christofidis (2013), a produtividade das culturas de modo global apresentam melhores desempenhos em sistema de agricultura irrigada, praticamente 3 vezes maior do que métodos de produção tradicional como o de sequeiro.

Para que tenha eficiência no uso da água (EUA) e economia quanto aos materiais comprados referentes ao sistema de irrigação escolhido, no caso a melhor recomendação que estudos mostram, é a localizada por gotejamento (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005), além de atualmente estarem associando tais sistemas de irrigação a acionadores automáticos.

O foco no campo sempre foi o agronegócio deixando de lado a agricultura familiar, assentados, camponeses e agricultores de baixa renda de uma forma geral. Estudos e pesquisas voltadas para o desenvolvimento de alta tecnologia a um custo elevado acabam por fortalecer somente aos grandes produtores, e segregando agricultores de nível tecnológico menor, com reduzidos recursos financeiros (SANTOS et al., 2019).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias a baixo custo com viés social, ambiental e econômico, como Acionadores Simplificados de Irrigação (ASI) a baixo custo, tem-se possibilitado a automação de processos e sistemas no setor agropecuário, levando tecnologia social aos agricultores menos favorecidos (LIMA, 2012).

O mal dimensionamento de um sistema de irrigação, tempo de rega aplicado, associados a velocidade básica de infiltração de água no solo e a necessidade hídrica podem ocasionar perdas consideráveis na produtividade das culturas. Em sistemas de irrigação superdimensionados aumentam o custo da produção com maior consumo de energia para bombeamento da água e maiores gastos na aquisição de materiais e equipamentos.

Excesso de rega causa percolação de água e lixiviação de nutrientes podendo contaminar lençóis freáticos, carreando superficialmente partículas e ocasiona a desoxigenação das raízes, além de promover um ambiente favorável ao aparecimento de doenças e moléstias interferindo de forma negativa no desenvolvimento da cultura.

Déficit hídrico associado a outras condições adversas como temperatura e umidade fora da faixa ideal para o desenvolvimento normal da planta. Se a cultura atingir o ponto de murcha permanente específico, processo irreversível, levará a morte do vegetal (THEBALDI et al., 2014).

Desta forma o presente trabalho tem por objetivo levar tecnologia social ao “homem do campo”, com o intuito de automatizar o sistema de irrigação para áreas agrícolas com Acionadores Simplificados de Irrigação a baixo custo, independentemente do sistema de irrigação escolhido pelo agricultor ou já instalado na propriedade.

1.1 PROBLEMA

A utilização dos recursos hídricos na agricultura de forma não racional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial da implementação do acionador a baixo custo para irrigação.

1.2.2 Objetivo específico

- Descrição e montagem de um painel do ASI;
- Avaliar o potencial do acionador;
- Custo dos materiais para montagem do ASI.

2 JUSTIFICATIVA

Dada a problematização e o alto custo dos equipamentos relacionados a automação em sistemas de irrigação, este trabalho visa discutir as potencialidades da implementação da técnica de baixo custo que proporciona o uso eficiente da água.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

É de conhecimento geral que o planeta em que vivemos deveria chamar-se de “Planeta Água” e não “Planeta Terra”, simplesmente pelo fato de grande parte da superfície do planeta em que habitamos ser composta em área e volume pelo elemento água. Pode parecer coincidência ou não, tanto o planeta como nosso organismo apresentam uma quantidade aproximadamente igual, aos 70% de água.

“É uma substância fundamental para os ecossistemas da natureza, solvente para a maioria das reações bioquímicas, importante para a absorção de nutrientes do solo pelas plantas e participa na fotossíntese.” (MENDES, 2013)

Sendo o elemento de fundamental importância à sobrevivência de muitas formas de vida na Terra. Não só a água, mas o ar que respiramos e o alimento que ingerimos também são essenciais à vida, pois podemos suportar a fome mais do que a sede, além de toda cadeia produtiva da agricultura e da indústria, dentre outros, ter como a base em seus processos à água (ABIB et al., 2010).

Apesar de ser um recurso natural em grande abundância, apenas 3% de toda água do planeta ser potável e o Brasil, um dos maiores detentores das reservas de água doce do mundo, temos grande responsabilidade quanto ao uso e retorno desta, ao seu ciclo natural. Apresentando 12 % de todo manancial hídrico de água doce disponível no

planeta em território nacional, no Brasil a água é distribuída de forma muito heterogênea em seus mais de 5.000 municípios (ANA, 2015).

Com o passar dos anos nos deparamos com o “boom” da explosão demográfica e desta forma passamos a utilizar muito mais os recursos que a natureza nos dispõe, principalmente a água. É incontestável a necessidade hídrica para a sobrevivência humana, sendo este, um bem que devemos consumir racionalmente, pois há um grande aumento da necessidade para abastecimento doméstico, seja rural ou urbano, principalmente este segundo, no que diz respeito ao saneamento. Devido ao crescimento das metrópoles de forma desordenada, um consumo oriundo da agricultura em uma escala muito maior para produção de alimentos, além do consumo de água industrial, para geração de bens de consumo. Por estes e outros motivos, os mananciais hídricos que abastecem toda a população e empreendimentos promovem uma gama de uso e a ocupação do solo em formas de habitações e produções agrícolas que devem ser utilizados de forma consciente (CANTELLE; LIMA; BORGES, 2018; CUNHA et al., 2011; WWAP, 2012)

De acordo com Vitó et al (2016), a maior reserva hídrica do mundo encontra-se no Brasil. Entretanto, considera-se as águas um recurso limitado, que vem se tornando escassa cada ano que passa, sendo esta, uma consequência do uso irracional. Devido sua imensa importância para os seres humanos, somente podemos consumi-la se considerada potável, conforme normas e diretrizes pertinentes a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005.

Como podemos observar os autores anteriormente citados, explanam que a água é o elemento primordial a vida, sendo um bem preciosíssimo e de suma importância que devemos usar de forma racional e consciente, pois a utilizamos em diversas formas de usos múltiplos.

Diversas são as finalidades de usos múltiplos das águas de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, como: a geração de energia elétrica ou hidroeletricidade; turismo e lazer; aquicultura; navegação (transporte de pessoas e/ou cargas); abastecimento público seja ele, urbano ou rural (saneamento básico); irrigação; acumulação de rejeitos oriundos da mineração; acumulação de resíduos industriais; e barragens, para armazenamentos em épocas de estiagem, além de muitas outras utilidades (BRASIL, 1997).

Os usos múltiplos da água e a prioridade de seus usos perante a legislação devem ter com bases, a ética, serem socialmente justas, economicamente viáveis e ambientalmente corretas, focando na gestão dos recursos hídricos com a realidade brasileira (CUNHA et al., 2011).

Cantelle, Lima e Borges (2018, p. 1260–1261), dizem que:

O crescimento populacional, aliado à intensa urbanização, amplia as demandas dos setores agrícola, industrial e energético, podendo estas serem incrementadas segundo os padrões de consumo vigentes. Em virtude do aumento da produção de alimentos e bens de consumo, recursos naturais são explorados, impactando os ecossistemas locais mediante a poluição e degradação, comprometendo a sustentabilidade e promovendo alterações climáticas. Neste cenário, a quantidade e a qualidade da água ficam comprometidas, ocasionando áreas de escassez hídrica. Essa concepção conduz o planeta para uma possível crise hídrica mundial e centraliza a água, como objeto de grandes discussões no que concerne ao seu papel no desenvolvimento sustentável.

Neste contexto de consumo do recurso hídrico pela sociedade, seja a população da cidade ou do meio rural, em suas diversas formas de usos e principalmente através do mau uso, causaremos degradação ambiental e teremos um retorno equiparável a doenças, como corroboram alguns autores.

Assim como a evolução humana, os problemas ambientais também foram evoluindo e hoje sabemos que a água é o recurso natural mais afetado com o aumento da população e conseqüente aumento de consumo de água, intensificando a poluição. Diante das contaminações que vem ocorrendo, a água se tornou também um veículo para diversos tipos de doenças e nos últimos anos, uma das maiores problemáticas enfrentadas pelo ser humano é a qualidade e poluição da água. A contaminação pode prejudicar a saúde da população, gerar conflitos sociais e econômicos e principalmente prejudicar a biota, sendo a maior causadora de mortes e doenças no mundo, por isso os estudos relacionados à água e seus contaminantes são tão significativos. (BAGATINI; BONZANINI; OLIVEIRA, 2017, p. 85).

O recurso água apresenta-se vulnerável devido a má utilização que os seres humanos fazem e a forma que devolvem-na ao ciclo hidrológico, mesmo este tendo uma correlação direta e dinâmica sob o ponto de vista de segurança alimentar, matriz energética, crescimento econômico e saneamento básico. Devemos prover pela sustentabilidade do uso da água, pois ela sustenta a manutenção de vários serviços ecossistêmicos ao qual fazemos parte (ANA, 2015).

A eutrofização, a perda de biodiversidade e doenças será uma resposta do planeta à crise hídrica causada pela poluição. De uma forma geral, a solução exigirá atitudes embasadas com responsabilidade social e ambiental, com cada célula social/população e pública/governantes contribuindo de forma eficiente ao caminho da

sustentabilidade, necessárias à vida na Biosfera (ABIB et al., 2010; CANTELLE; LIMA; BORGES, 2018; VITÓ et al., 2016).

Uma das maiores importância da água, devido à crise global que passamos perante a atual pandemia, além das inúmeras utilidades ditas anteriormente estão relacionadas ao saneamento básico e diz respeito a um simples ato de lavar as mãos com água e com sabão, a fim de, se evitar o contágio com a COVID 19, claro que não deixando de lado outras medidas de higiene, como: uso de máscaras, álcool em gel e distanciamento social (ANA, 2020).

3.2 ÁGUA NA AGRICULTURA

A água está presente desde o início das civilizações em atividades da agricultura e pecuária, permitindo ao homem se estabelecer em comunidades, a fim de, produzir seu próprio alimento. Este recurso é tão primordial que as primeiras civilizações se desenvolveram próximas às margens de rios e córregos.

Atualmente, 70% da água doce utilizada no mundo é através da agricultura, chega a um consumo de 80% pelos países mais desenvolvidos, isto diretamente relacionado a irrigação. Por ser um recurso natural finito, a sociedade questiona cada vez mais quanto a forma como o seu uso vem sendo feito pelos diversos setores produtivos da agropecuária mundial (CHARTZOULAKIS; BERTAKI, 2015; DU et al., 2015; WWAP, 2012).

A agricultura tem o desafio de alimentar uma crescente população. Com isto, vem a necessidade de aumentar a produção de alimentos com segurança, qualidade e uso sustentável da base de recursos naturais. Ainda assim, muito precisa ser feito para otimizar o uso da água pela agricultura de forma a reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e liberar água para outros fins, visto que este recurso natural é essencial a Terra, garantindo a produção de alimentos de origem vegetal e animal, consequentemente a vida no planeta (EMBRAPA, 2021).

“Todavia, o setor que já se destaca mundialmente como o principal responsável pelas retiradas de água enfrentará grandes desafios para suprir as crescentes demandas e os novos padrões alimentares.” (CANTELLE; LIMA; BORGES, 2018).

Na região do Épiro estudos de caso tem consolidado a elaboração teórica de horários de rega e a sua regulação, com as condições vigentes para ajudar a melhorar a presença dos espaços verdes e poupar água, realizando-se fiscalizações por auditoria

para produtores atenderem a alta uniformidade do recurso, por meio de projeto, construção e manutenção adequada dos sistemas de irrigação com exigência de instalação de hidrômetros. Tais trabalhos realizados por profissionais técnicos, éticos e qualificados (MYRIOUNIS et al., 2015).

A utilização da água na agricultura estendesse não só por uma concepção conservacionista em sistemas irrigados. Deve haver estratégia do uso por parte da Política Nacional de Recursos Hídricos, Secretaria Nacional de Recursos hídricos e demais órgãos competentes. A necessidade de outorga para uso da água pelos produtores com viés de sustentabilidade quanto ao aspecto sócio-econômico-ambiental. Pensando desta forma, as políticas públicas devem focar em diretrizes que possam fomentar tecnologias nesta linha de pesquisa, além de incentivo e créditos a agricultores que atendam tais parâmetros (BARROS; BARROS, 2009).

3.3 RECURSOS HÍDRICOS NAS PROPRIEDADES RURAIS

Mananciais hídricos são partes constituintes de uma ou mais bacias hidrográficas distribuídas pelo território brasileiro e também pelo mundo. Formam rios, córregos e lagos através do escoamento superficial, armazenam água nos aquíferos subsuperficiais (lençóis freáticos) com a infiltração da água no solo e podem acumular grande pressão, jorrando água para superfície, em forma de nascentes e “olhos d’água”. Isto é uma parte do processo no ciclo hidrológico natural, que ainda conta com a intensa evaporação e transpiração de plantas e animais, além da chuva e outros fatores ambientais (ANA, 2018).

Os recursos hídricos podem ser divididos basicamente em água superficial (rios, córregos, lagoas e água da chuva) e subterrânea (lençol freático: poços artesianos e semi-artesianos), com a disponibilidade de usos múltiplos sejam elas em localidades rurais ou urbanas (EMBRAPA, 2017). Podem estar diretamente acessíveis ao consumo humano respeitando-se as leis, normas e resoluções vigentes perante as Política Nacional de Recurso Hídricos (PNRH), Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), Conselho Nacional de Recurso Hídricos (CNRH) e demais órgãos responsáveis no nível de federação, estados e municípios (CNRH, 2011).

De acordo com Dadalto et al. (2016) e Cunha et al. (2011), em propriedades rurais a água é de grande importância para suprir períodos de estiagem por falta de chuvas. A sustentabilidade agropecuária depende de técnicas e manejos capazes de

armazenar água para a subsistência agrícola focando na produtividade das lavouras. Desta forma, agricultores constroem pequenos reservatórios (cisternas), barragens de terra, barraginhas, barramentos subterrâneos e outros, com o intuito de suprir necessidades, como: o abastecimento da propriedade, irrigação, dessedentação dos animais e muitas outras demandas de uma propriedade rural.

Para a Embrapa (2018):

Dentro da temática do uso da água na agricultura, a Embrapa destaca as tecnologias: manejo da irrigação; monitoramento da disponibilidade hídrica; tecnologias de adequação de propriedades para captação de água das chuvas; recarga de lençóis freáticos e revitalização de mananciais e riachos; além de outras como barragem subterrânea, reuso de água da agricultura e utilização de águas de qualidade inferior (salobra e salina); cisternas rurais, práticas de conservação de solo e água em sistemas de produção; uso de cultivares adequadas às condições hídricas da região.

No contexto de qualidade da água, seja de origem subterrânea ou superficial, diversos fatores podem influenciar, de acordo com a descrição presente na Conjuntura dos Recursos Hídricos (ANA, 2019), podendo ser ocasionadas por fatores antrópicos como a poluição, através do lançamento de efluentes de fontes pontuais ou não, do mal manejo da superfície do solo, mas também podem ser ligados a variáveis naturais como cobertura natural do solo, geomorfologia, carreamento superficial de partículas e intensidade de chuvas (CHIOTELLI, 2015).

Perante sua função ecológica o recurso água, seja de superfície ou subterrânea, nos beneficia, Vitó et al. (2016) diz que:

O consumo de águas subterrâneas é muitas vezes preferido por serem consideradas mais limpas quando comparadas às águas superficiais. Porém, dependendo do local onde o poço é perfurado, a água subterrânea pode acabar adquirindo contaminantes químicos e/ou biológicos originados de agrotóxicos, lixo, esgoto, dentre outros. No século XX, a região Noroeste Fluminense foi bastante utilizada para agricultura, com destaque para a produção de café. Atualmente, lavouras de café e tomate são predominante em algumas localidades. Os agrotóxicos utilizados nas plantações podem ser lixiviados pelo solo, contaminando a água dos lençóis freáticos. Nas zonas rurais, onde não se tem água encanada, é comum a utilização de poços rasos ou artesianos. Muitas vezes esses poços são perfurados perto dessas plantações, o que aumenta o risco de contaminação da água.

De acordo com Martins, Diniz e Araújo (2015), a degradação da qualidade de águas subterrâneas, como é o caso de poços artesianos e semi-artesianos, que tem geralmente o uso exploratório contínuo e intenso, pode até mesmo ter sua vazão reduzida. Uma das causas é o assoreamento, sendo este o principal motivo, consequência do acúmulo de terra e detritos dentro do poço, comprometendo até mesmo o abastecimento das propriedades rurais (SANTOS et al., 2020).

Estes mesmos autores citados anteriormente: Martins, Diniz e Araújo (2015), dizem que, os sistemas de captação de águas da chuva também devem passar por fases de manutenção, pois as calhas que conduzem as águas pluviais devem ser limpas para que não impeçam a passagem do fluxo contínuo de água devido ao acúmulo de folhas e outros resíduos, além de não serem consideradas águas totalmente próprias ao consumo. Carreiam sujidades dispostas nas superfícies da área de coleta (telhados), entretanto, posteriormente passam por uma unidade de filtragem de modo que este material, folhas e outros resíduos sólidos, não chegue ao interior das cisternas (BRASIL, 2014).

Papafotiou e Katsifarakis (2015) descrevem que alguns métodos de gestão ecológica de uso da água da chuva podem contribuir para: redução do escoamento superficial total da água da chuva e de sua maior intensidade, com sistemas de armazenamento adequados, a fim de cobrir a demanda de água, necessária a irrigação; reposição do aquífero local; redução de danos à propriedade e interrupção das atividades, devido as redes de esgoto insuficientes; melhoria da qualidade do escoamento da chuva por meio da retenção de poluentes, filtração, decomposição, absorção de plantas, etc.; mitigação da poluição de corpos d'água receptores de escoamento; e melhoria da paisagem rural, urbana e suburbana.

Na atualidade um dos processos que tem ganho grande parte do mercado com auxílio de inovação tecnológica e com viés de sustentabilidade é o reuso de águas, dando o devido tratamento e utilização adequada compatível ao consumo humano e animal.

De acordo com Cunha et al. (2011), desde a Grécia antiga há relatos de usos com águas residuárias, não sendo este um conceito novo, os povos costumavam utilizar águas de esgoto na irrigação. Desta forma, pode haver uma situação ecológica mais equilibrada com a redução na captação hídrica.

3.4 ÁGUA NO SOLO

Para que se tenha entendimento sobre como funciona o movimento e a retenção de água no solo até que seja disponível para as plantas é necessário conhecer algumas características do comportamento da água.

3.4.1 TENSÃO SUPERFICIAL DA ÁGUA

A tensão superficial da água é o resultado da atração entre as moléculas desse fluido atuantes na superfície e na direção do líquido fazendo com que as moléculas de água sejam puxadas para dentro de sua massa fluida, com uma tensão entre suas moléculas de, 72,8N/mm a 20°C sendo muito maior que a de outros líquidos. (BRAD; WEIL, 1996; COOPER; MAZZA, 2016).

3.4.2 FORÇAS DE COESÃO E ADESÃO

De acordo com Libardi (2016) as forças presentes na molécula de água são de coesão que é a força de atração entre as próprias moléculas de água, e a força de adesão que é a força de atração entre as moléculas de água e outras superfícies sólidas. Desta forma com a necessidade hídrica dos cultivos essas forças promovem a retenção de água no solo, sua movimentação e disponibilização para as plantas.

3.4.3 CAPILARIDADE

A capilaridade é um fenômeno em que a água apresenta-se com movimento ascendentes em tubos capilares, fato este que somente é possível devido a tensão superficial e as forças de coesão e adesão. Diz-se que quanto menor for o diâmetro do capilar maior será a altura de ascensão capilar da água. (BRAD; WEIL, 1996; LIBARDI, 2005).

Segundo Cooper e Mazza (2016) capilaridade tem uma relação intrínseca entre água e solo que permitem sua retenção e movimento. Solos com características texturais mais finas podem aumentar o atrito e reduzir o fluxo e solos com texturas mais arenosas tendem a menor ascensão capilar.

3.4.4 POTENCIAL HÍDRICO

O potencial hídrico é uma energia resultante do conjunto de potenciais relacionados as forças gravitacional, mátrica, pressão e osmótica, e que influenciam no comportamento e movimento da água no solo. Tais potenciais são descritos a seguir:

- potencial gravitacional (Ψ_g) – atua como força gravitacional, é positiva e tem atração em direção ao centro da terra, sendo resultante da aceleração da gravidade (COOPER; MAZZA, 2016).

- potencial osmótico (Ψ_o) – tem relação com a presença de solutos no solo, ou seja, sais inorgânicos ou componentes orgânicos. Quanto maior a quantidade de sais na solução do solo, menor será o potencial osmótico e conseqüentemente menor será o movimento de água no solo (LACERDA, 2004).
- pressão hidrostática (Ψ_p) – ocorre devido ao peso da água em solos saturados (COOPER; MAZZA, 2016).
- potencial mátrico (Ψ_m) – em relação com a adesão, coesão e capilaridade influenciando diretamente na retenção e movimento da água no solo. A água movimenta-se da zona de maior potencial mátrico para zona de menor potencial, ou seja, alto estado de energia para baixo estado de energia (COOPER; MAZZA, 2016).

3.5 IRRIGAÇÃO

A irrigação é vista como o meio que os seres humanos encontraram através da geração de conhecimento com observações ao ambiente a milênios de anos atrás, deixando de serem nômades, passaram a praticar a agricultura em um mesmo lugar, sendo a irrigação o método antrópico para disponibilizar água ao solo e as plantas em épocas de estiagem. Os plantios eram feitos principalmente próximos a rios, podendo ter expectativas de colheitas melhores de seus alimentos para sobreviverem.

Diversos componentes são utilizados para formar um sistema de irrigação, tais como: moto-bomba, tubulações, conexões e emissores. Normalmente, esses componentes não são baratos, mas existem algumas adaptações que podem ser feitas, principalmente nos emissores que podem baratear e tornar um sistema de irrigação acessível ao pequeno agricultor. Quando tomado o devido cuidado no uso da água, os sistemas de irrigação montados com material de baixo custo apresentam o mesmo desempenho dos sistemas convencionais sobre a produção de culturas de ciclo curto e perenes em áreas de agricultura familiar (COELHO et al., 2013).

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar a disponibilidade da água das chuvas, suprimindo as necessidades hídricas das culturas por

proporcionar umidade no solo, aumentando a produtividade e permitindo a expansão de plantios.

A produtividade obtida com a prática da agricultura irrigada é aproximadamente 3 vezes maior do que a obtida pela agricultura de sequeiro, que é dependente das águas das chuvas, isto quando as lavouras não são totalmente perdidas devido a longos períodos de estiagem. A prática da irrigação possibilita melhorar o manejo da produção e da disponibilidade de água em quantidade, qualidade e oportunidade, auxiliando na eficácia da oferta dos insumos aos cultivos e desempenhando um crescente e fundamental papel na produção agrícola e pecuária (CHRISTOFIDIS, 2013).

Para Cruz (2018), uma análise técnica cuidadosamente detalhada de dados, como o zoneamento agroclimático, potencial de investimento e recursos financeiros (linhas de créditos rurais) por parte do agricultor e estudo de mercado da cultura escolhida previamente irão nortear a viabilidade agrônômica do projeto, a fim de, ter com expectativa a máxima eficiência, estabilidade e produtividade das culturas em sistemas irrigados.

Sistemas de irrigação, devem se basear na otimização do uso da água melhorando a eficiência de aplicação, almejando a maximização da produtividade das culturas, isto é, através de procedimentos economicamente viáveis e tecnologicamente sociais, não comprometendo a qualidade e disponibilidade deste recurso (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Conforme Silva (2013), o agricultor irrigante deve ser capacitado, pois é importante prepara-lo para entender qual será o melhor método de irrigação aplicado e manejo a ser adotado, atendendo a sua realidade e a da cultura escolhida, levando em consideração diversas variáveis que caminhem junto a sustentabilidade.

Complementando, nas palavras do autor citado:

No contexto brasileiro e conseqüentemente no semiárido nordestino, é sabida a importância da agricultura irrigada. Sem dúvida os projetos de irrigação auxiliam na diminuição da pobreza, na geração de empregos e na melhoria da renda. Porém, para o sucesso da atividade, algumas variáveis devem ser satisfeitas.

No entanto, a produção realizada por meio da irrigação envolve variáveis necessárias ao sucesso da atividade como conhecimento técnico do agricultor irrigante, capital financeiro, equipamentos relacionados, disponibilidade hídrica, auxílio político, extensão rural, dentre outras.

A partir da percepção do agricultor familiar irrigante no tocante a sua utilização da água na agricultura irrigada, uma vez que o manejo racional favorece a produtividade, a subsistência, o retorno econômico e a possibilidade de ascensão social (SILVA, 2013).

De acordo com a lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação e dá outras providências, temos algumas definições e princípios a serem seguidos por agricultores (BRASIL, 2013):

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Irrigação, a ser executada em todo o território nacional.

Art. 2º Para os fins desta Lei, entende-se por:

I - agricultor irrigante: pessoa física ou jurídica que exerce agricultura irrigada, podendo ser classificado em familiar, pequeno, médio e grande, conforme definido em regulamento; [...] III - agricultura irrigada: atividade econômica que explora culturas agrícolas, florestais e ornamentais e pastagens, bem como atividades agropecuárias afins, com o uso de técnicas de irrigação ou drenagem;

Art. 3º A Política Nacional de Irrigação rege-se pelos seguintes princípios: I - uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos destinados à irrigação; II - integração com as políticas setoriais de recursos hídricos, de meio ambiente, de energia, de saneamento ambiental, de crédito e seguro rural e seus respectivos planos, com prioridade para projetos cujas obras possibilitem o uso múltiplo dos recursos hídricos; III - articulação entre as ações em irrigação das diferentes instâncias e esferas de governo e entre estas e as ações do setor privado; IV - gestão democrática e participativa dos Projetos Públicos de Irrigação com infraestrutura de irrigação de uso comum, por meio de mecanismos a serem definidos em regulamento; V - prevenção de endemias rurais de veiculação hídrica.[...]

3.5.1 Métodos de Irrigação

Existem diversas maneiras de se disponibilizar água à planta e aplica-la ao solo via irrigação. A maneira de se copiar a natureza em forma de chuva, é utilizando-se da irrigação pelo método por aspersão, outra forma de se aplicar água somente onde se localiza o sistema radicular da planta é a irrigação por gotejamento e quando o transporte da água é feito pelo próprio solo, o método é dito como irrigação por gravidade ou sulcos. Ainda existem outros métodos, como o de pivô-central, microaspersão, canhão de aspersão, xique-xique e outros (EMBRAPA, 2017; PACHICO, 2014; RODRIGUES; SOUSA, 2018).

De acordo com Cunha e Rocha (2015):

Existem muitos métodos de irrigação, isto é, técnicas usadas para que a água chegue até as plantas. Os métodos podem ser classificados como superfície, aspersão e localizada, e dentro de cada um deles existem dois ou mais sistemas de irrigação que podem ser selecionados. Para isso é de extrema importância verificar o tipo de topografia, solo, cultura, clima que predomina a disponibilidade de água, os custos, entre outros.

O método de irrigação e a qualidade da água afetam significativamente a produtividade das culturas, afetaram a altura da planta, a taxa de germinação, a produção de milho e a eficiência do uso da água (EUA), verificando que o sistema de

irrigação por gotejamento apresenta quando instalado corretamente EUA de até 90%, quando comparado a outros métodos (IRFAN et al., 2014).

3.5.2 Manejo nos Sistemas de Irrigação

O manejo da irrigação consiste na determinação do momento, da quantidade e de como aplicar a água nas lavouras, a fim de, repor o déficit hídrico de umidade do solo que estaria disponível as culturas, levando em consideração perdas por evapotranspiração (transpiração por parte dos vegetais e evaporação pelo solo) e outros aspectos no sistema produtivo como as condições meteorológicas, econômicas, o controle fitossanitário, estratégias de condução da cultura de forma geral.

O agricultor irrigante tradicional não se baseia em parâmetros de referência para a realização da rega nas espécies vegetais. O tempo máximo de irrigação para movimentar uma mangueira microperfurada ou desligar um sistema de aspersão, que já molhou o suficiente, tudo acaba sendo realizado heurísticamente (MARTINS; DINIZ; ARAÚJO, 2015).

A forma como o manejo da irrigação é feito varia de acordo com a método escolhido, por grande parte dos produtores irrigantes o manejo é feito de forma simples, sem o auxílio de equipamentos, ou seja, feito no “olhômetro” ou no “bico da bota” resultando em desperdício de água por percolação, carreamento superficial de partículas e lixiviação de nutrientes, ou seja, aumento de custos. Além disso, a produtividade da lavoura é comprometida, devido ao excesso ou falta da Capacidade de Água Disponível (CAP) para a planta (ARAÚJO JÚNIOR, 2017).

“Dentre os métodos de manejo de irrigação mais eficientes para aproveitar ao máximo a água disponível estão os métodos tensiométricos, e entre estes pode-se citar o tensiômetro comum e o Irrigas” (DOURADO et al., 2014).

O Irrigas, desenvolvido pela Embrapa Hortaliças, adota um sistema para manejo da irrigação, o qual faz uso de um sensor de tensão de água e possui aplicação em diversas áreas, tais como: engenharia agrícola; fisiologia vegetal e geologia. Na agricultura possui aplicações diversas: casa-de-vegetação, vasos de plantas ornamentais e sistemas de irrigação por gotejamento ou aspersão (CONCEIÇÃO, 2016).

Coelho et al. (2013) descreve que o manejo da água para as culturas tem como base fundamental a determinação da umidade do solo, através do uso de equipamentos encontrados a baixo custo no mercado. Uma boa opção de uso acessível para agricultores familiares são os tensiômetros, os irrigômetros ou penetrômetros, sendo

necessária a capacitação do agricultor para utilização e calibração destes. Entretanto, o melhor método e mais acessível de todos são as próprias mãos do agricultor, chamado de método do tato, que com o auxílio de uma tabela previamente disponibilizada ao agricultor e juntamente com sua capacitação, retira-se uma amostra de terra da profundidade desejada, pressiona-se o torrão em uma das mãos, posteriormente a irrigação ter sido feita pelo irrigante e assim vai-se adequando o tempo de irrigação através do monitoramento.

Coelho et al. (2017), diz que:

[...] Se a terra ou o solo for arenoso e ao ser apertado nas mãos não perder água, mas deixar a mão molhada e ficar com cor mais sombreada ou escura, esse solo está na melhor condição para as plantas.

Se a terra for mais argilosa ou barrenta e ao ser apertada nas mãos não perder água, mas molhar a mão e ficar com cor escura, também estará na melhor condição para as plantas.

Se a terra for arenosa e ao ser apertada nas mãos formar um biscoito que racha ou desmancha facilmente com cor pouco escura, esse solo precisa ser irrigado.

Se a terra for argilosa e ao ser apertada nas mãos formar um biscoito que desliza entre os dedos na forma de lâmina, aparência pouco escurecida ou formar um biscoito com rachaduras ou ainda não formar o biscoito e desmanchar na mão, precisa ser irrigado. [...]

A avaliação do sistema planta-solo-atmosfera é de grande importância em projetos de irrigação para se obter o panorama da situação e tomada de decisão correta da necessidade de irrigação da cultura (CARVALHO et al., 2013).

De acordo com Coelho et al. (2017), a quantidade de água a aplicar-se nas plantas irá depender do consumo da cultura, assim como seu estágio fenológico, ou seja, evapotranspiração potencial da cultura (Etpc) em determinado período. Plantas novas consomem menos água do que plantas adultas ou fase de floração e enchimento dos frutos. Em dias ensolarados com ar seco e vento as plantas precisam de mais água que em dias úmidos sem vento ou nublados. Se o solo tem cobertura como palha seca será necessário menos tempo de irrigação comparado a plantas com o solo nu (CRUZ, 2018).

Existem três processos de manejo de irrigação, sendo estes baseados nas condições atmosféricas, nas condições de umidade do solo e nas condições de água na planta. Pode ser feito também o manejo integrado, que recomenda a irrigação baseada em condições da atmosfera e do solo, conjuntamente (BALBINO, 2020).

De acordo com Ahi et al. (2015), a eficiência no uso da água (WUE) e uma eficiência no uso irrigação (IUE), em regiões com fontes de água limitadas como a

Trácia (noroeste da Turquia), as melhores técnicas de irrigação como o método por gotejamento e horários são vitais para maximizar o benefício do uso de água na unidade, análise de parâmetros de clima e solo são fundamentais, além do conhecimento do índice de potencial hídrico (WPI) da cultura de acordo com o estágio fenológico, são ferramentas valiosas para monitorar e quantificar o estresse hídrico e programar irrigações. Em geral, o manejo da irrigação deficitária por gotejamento, dependendo da cultivar de algodão, limitada a 50% da necessidade hídrica traz benefícios significativos no uso da água sem afetar a produtividade, ou seja, índice de estresse por colheita (CWSI) (ARGYROKASTRITIS; PAPASTYLIANOU; ALEXANDRIS, 2015).

A determinação da necessidade hídrica da cultura é estimada com base nos valores de evapotranspiração associados com o coeficiente do cultivo (K_c), possibilitando determinar a quantidade de água a ser suprida ao solo. O balanço hídrico para controle de irrigação considera as variáveis atmosféricas (radiação, vento, umidade e temperatura) exigidas para estimar a evapotranspiração de referência (E_t0), além da precipitação. Estes dados são coletados com a instalação de uma estação meteorológica na propriedade (CRUZ, 2018).

Para Silva (2013):

[...] principal aspecto negativo que os agricultores irrigantes de lotes familiares estão, em sua grande maioria, afastados das técnicas que poderiam auxiliar na eficiência do uso da água para irrigação. Esse agricultor irrigante familiar vive em uma economia de mercado que exige preparação por conta da competitividade. Esse ambiente competitivo exige planejamento e envolve a utilização do sistema de irrigação dentro do lote e o tipo de método de irrigação adequado à cultura levando em consideração a melhor possibilidade de alcance do manejo correto de água e solo. Do contrário, o agricultor será apenas um sobrevivente dentro de uma atividade com alto potencial de crescimento no País e que poderia favorecê-lo. [...]

A determinação de vários parâmetros como eficiência relacionada a vazão, tempo de irrigação e homogeneidade de aplicação da água feita de forma participativa por agricultores e técnicos, no contexto de agricultura familiar em assentamentos, são parte intrínsecas em trabalhos de extensão e pesquisa. Desta forma, deve-se exigir de agricultores familiares e técnicos/pesquisadores/extensionistas quanto da efetividade de ação, pois este processo dialógico é de interação de saberes científicos e práticos (BRASIL, 2014).

Segundo Camargo (2016), a complexidade de um manejo eficiente em sistemas de irrigação relaciona-se a escolha de equipamentos com o manejo de uso, adequando o

momento de aplicação e quantidade de água, promovendo o EUA (eficiência no uso da água) e a conservação do meio ambiente.

O surgimento de novas tecnologias e de novos fabricantes de produtos para irrigação ao longo dos últimos anos no Brasil tem sido um movimento contínuo dentro deste mercado. As empresas do setor têm investido em soluções diferenciadas para atender não apenas a alta demanda do mercado, como também as diferentes necessidades apresentadas pelos irrigantes, que não se restringem mais apenas à agricultura de grande porte mais também a pequenos agricultores/familiares (GRAH, 2011).

3.6 AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA

Atualmente o cenário agropecuário brasileiro e mundial tem-se mostrado cada vez mais automatizado, sempre visando redução de despesas e aumentos de produtividade. A automatização do setor pode ser definida como o monitoramento, o controle e a execução em sistemas dos processos operacionais, levando tecnologia ao campo e principalmente reduzindo a mão-de-obra, há outro termo que engloba a automação é a chamada agricultura de precisão (EMBRAPA, 2018).

Para Araújo Júnior (2017) automação é:

[...] uma ação controlada e automática, cujo processo decisório independe da interferência humana. Para que essa ação de controle seja realizada, é necessária a existência de quatro componentes:

- 1) Variável de controle: componente que será controlado (medido) durante a ação de controle. Exemplos: temperatura, humidade, precipitação etc.
- 2) Sensor: dispositivo responsável pela detecção (medição) da variável de controle.
- 3) Controlador: equipamento responsável pelo tratamento e supervisão da variável de controle, no intuito de utilizá-la como base na tomada de decisão.
- 4) Atuador: dispositivo responsável pela execução da ação de controle. Exemplos: conjunto bomba-bomba, válvulas de irrigação, dosagem da fertirrigação, etc.

Conforme Vasconcelos (2013), o conceito de agricultura de precisão de tecnologia a alto custo direcionada ao manejo agrícola de médio a grande porte, envolvendo o uso de computadores, SIG (Sistema de Informações Geográficas), controle automatizado de máquinas/equipamentos e comunicação via internet. Por que não desenvolver formas acessíveis destas tecnologias de precisão a baixo custo, disponíveis a pequenos agricultores/familiares?

Neste contexto Alvarenga, Ferreira e Fortes (2014) descrevem as operações na automação agropecuária como processos, nas seguintes funções: otimizar o uso de

tempo, insumos e capital; reduzir perdas na produção; melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores em toda cadeia da produção; ou seja, aumentar a produtividade do sistema e do trabalho.

3.6.1 Irrigação Automatizada

Na agricultura irrigada a automação auxilia o manejo da rega, tornando-se a ferramenta essencial na aplicação de água no momento correto e pelo tempo exato, determinará a quantidade hídrica necessária das culturas, podendo controlar a aplicação de produtos durante a fertirrigação, retrolavagem de sistemas e acionamento do conjunto moto-bomba, dentre outros.

Existem equipamentos operados por temporizadores que estabelecem o tempo e quantidade de água em cada processo de irrigação, e são baseados em parâmetros diferentes daqueles das exigências das plantas, exigências estas que são em função do clima, solo e período fisiológico, os quais determinam a demanda hídrica. Há outros sistemas de rega automática com base em tensão, fluxo de seiva de plantas, reflectometria no domínio do tempo e espectroscopia de infravermelho, os quais são sensíveis à demanda hídrica dos vegetais, entretanto, são pouco utilizados na agricultura devido ao alto custo (MENDES, 2013).

“Com o crescimento da irrigação, surge a necessidade de sistemas mais eficientes quanto ao uso de água.” (PACHICO, 2014).

3.6.2 Acionadores Autônomos a Baixo Custo na Irrigação

Sistemas de irrigação localizada de baixo custo tem grande potencial e possibilitam uma maior eficiência proporcionando produções a preços relativamente menores, oferecendo a oportunidade de aumentar a renda do agricultor com segurança alimentar, além de estimular a economia e a redução da pobreza, sendo acessíveis a agricultores familiares, contribuindo a sustentabilidade e ao desenvolvimento local. Entretanto, o desenvolvimento e aplicação da tecnologia pode tornar-se um processo dificultoso por parte do agricultor, devido a falta de recursos e a sua cultura tradicional (PACHICO, 2014).

Segundo Melo (2018) sistemas indiretos como o uso de temporizadores, caso a estimativa da lâmina definida e o volume de água a ser aplicado sejam no momento correto, o acionamento poderá ser eficaz na automação de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

Um modelo proposto por Grah (2011) com automação temporizada por funcionamento hidráulico-mecânico, ou seja, independente do uso de energia elétrica, utilizou do princípio da alavanca e da força de empuxo desenvolvido para o sistema de acionamento automático de aspersão em malha, caracterizado por diferenças construtivas na alavanca do gatilho do êmbolo da válvula de 3 vias, colocando em prática um bombeamento da água de irrigação por um sistema de roda hidráulica.

Outra forma de automatização em sistemas de irrigação é a utilização de sensores como microcontroladores, através de plataforma Arduino. São várias aplicações de controle, automação e interatividade, fazendo o uso de hardware e software de fácil utilização, conectados a rede elétrica acionando ou não o sistema hidráulico, promovendo ou não a irrigação. Tal plataforma verifica variáveis de temperatura e umidade do ar, umidade do solo e o tempo de irrigação, através de seus respectivos sensores, atuadores e até mesmo com uma RSSF (Rede de Sensores Sem Fio) (ARAÚJO JÚNIOR, 2017; CRUZ, 2018; CUNHA; ROCHA, 2015; SOUSA; ROCHA, 2018).

Para Gunturi (2013), o uso de microcontrolador autônomo a baixo custo para irrigação realiza funções pré-definidas pelo usuário aos comandos de saída: acionando relés, válvulas solenoides e moto-bomba, operando sistemas de irrigação, programado para dar o sinal de interrupção ao sprinkler.

Corroborando com Gunturi (2013), com o projeto de um microcontrolador elaborado um ano antes Bhosale e Dixit (2012) desenvolveram sistema autônomo, que é composto por um microcontrolador (PIC16F877A), periféricos incluindo RTC, LCD e relé do circuito do driver para ligar / desligar um motor, além de utilizar um modem GSM - SIM300 (para o usuário móvel) como meio de transmissão e registro de dados enviando mensagens (SMS) para uma central de monitoramento, através da mensuração pelos sensores de temperatura, umidade do solo e do ar, precipitação, velocidade do vento, radiação. Uma bateria de 12 volts é essencial para o funcionamento do sistema autônomo, no entanto, a mesma é carregada lentamente por uma pequena placa fotovoltaica que converte energia da luz solar em eletricidade de 12 volts, demonstrando assim, a total eficiência do sistema de forma sustentável em equilíbrio com o meio ambiente.

De acordo com Lima (2012):

[...] Sistemas automatizados de irrigação são acionados ou não de acordo com a umidade do solo, a tensão da água do solo ou com a taxa de transpiração do vegetal. No que diz respeito, a umidade do solo, existem vários métodos e aparelhos que podem determiná-la, dentre eles destaca-se: o Método-Padrão de Estufa (gravimétrico), o Tensiômetro e a Técnica do Domínio da Reflectometria no Tempo (TDR). [...]

Para a automatização do sistema de irrigação utilizando o IRRIGAS pode-se ou não utilizar a eletricidade. No caso de uso de energia elétrica, a automatização é feita com um mini compressor, um pressostato, uma válvula solenóide e água sob pressão. O acionamento dos compressores para a irrigação é feito por um relê, que por sua vez é ligado ao pressostato. Por outro lado, quando não se utiliza eletricidade, a irrigação pode ser controlada por ar comprimido. [...]

Segundo Buttaró et al. (2015), em cultivos realizados em casas de vegetação na Fazenda Experimental La Noria no Instituto de Ciência e Produção Alimentar (região sul da Itália). Utilizando-se o potencial da irrigação por gotejamento e o tensiômetro instalado a uma profundidade de 30 cm, conectado ao tensiointerruptor eletrônico (400C, Tensio-Technik), que controla o início e o fim da irrigação com base no potencial hídrico do solo e a programação de irrigação semelhante aos cultivos sem solo, os tensiômetros calibrados a -100 e -400 hPa, para tomate e -100 e -300 hPa, para pepino, observou-se eficiência no uso da água de 35% e 46%, em média, para os cultivos de tomate e pepino, respectivamente, usando o menor potencial hídrico como ponto de ajuste de irrigação.

Pinmanee (2011) descreve o funcionamento do Automatic Tensio Control (ATC) a baixo custo para irrigação da cultura de *Litchi chinensis*, da seguinte forma:

[...] ATC é o tensiossensor, é introduzido na zona raiz. Esta unidade está conectada a uma alavanca que abre e fecha a válvula de operação, montada na linha principal. Um contrapeso em uma extremidade da alavanca mantém a válvula de operação fechada. Se o solo secar e o potencial matricial do solo na zona radicular ultrapassar 450 mbar, a válvula de entrada do sensor de tensão se abre e a água da linha principal flui para o cilindro de controle. Quando o cilindro de controle está cheio de água, seu peso pressiona a alavanca para baixo. A válvula de operação abre e, ao mesmo tempo, a válvula de proteção contra transbordamento é fechada, para evitar que a água entre no cilindro de controle. Nesta posição, com a válvula principal aberta, a água corre para o sistema de irrigação. Quando o potencial matricial do solo cai abaixo de 300 mbar, a válvula de saída do sensor de tensão se abre e a água flui da garrafa (pequeno reservatório no tensiossensor) para o escoamento. Quando o cilindro de controle está vazio, o contrapeso fecha a válvula de operação.

O Acionador Simplificado de irrigação (ASI) é feito a partir de materiais de baixo custo, o qual faz uso do potencial matricial do solo e através de mecanismo

hidráulico (vasos comunicantes) e mecânico (alavanca) permitindo o acionamento e cancelamento da irrigação (BATISTA, 2012; MEDICI et al., 2010).

O Acionador Simplificado para Irrigação (ASI) permite aplicar água automaticamente em função da tensão da água no solo, mantendo-a na faixa de 4 a 13 KPa (MEDICI et al., 2010). Este é composto de um sensor (cápsula cerâmica usada em filtro de água doméstico) conectado por um tubo flexível a um pressostato. O conjunto é montado de forma que fique totalmente preenchido com água, e o sensor é instalado no solo.

“Acionador Simplificado para Irrigação (ASI) apresenta baixo custo e facilidade de montagem, pois os seus componentes são oriundos de máquina de lavar de uso doméstico” (MENDES, 2013).

De acordo com Bezerra (2017), o ASI (acionador simplificado de irrigação) pode ser utilizado em casa de vegetação, pois aciona a irrigação com eficiência através da variação da pressão de vapor da água, mostrando resultados positivos a viabilidade do seu uso como sensor atmosférico e compatibilidade a quantidade água aplicada.

Uma das maiores preocupações na adoção da utilização do sensor na atmosfera foi relacionada à alta demanda evapotranspirométrica da atmosfera. Como a tendência do movimento é sempre para o potencial mais negativo, que sempre é o potencial da atmosfera, seria possível que o acionador ficasse ligado continuamente. No entanto, tal fato não foi observado na prática e inclusive verificou-se ausência de drenagem em todos os tratamentos durante todo o período experimental, demonstrando o funcionamento adequado do sistema. Tal fato pode ser explicado sabendo-se que o sensor cerâmico ao receber a água, a retém em seu interior por um determinado período de tempo até que a tensão regulada pelo acionador seja atingida, sendo esse tempo tanto maior quanto maior a tensão em questão. Em outras palavras, determinado período de tempo para que o volume de água “perdido” para a atmosfera movimente o diafragma do pressostato e só assim acione o sistema novamente (BEZERRA, 2017).

Para Oliveira Junior (2016), os métodos baseados na tensiometria apresentam maior facilidade na instalação, na aplicação e na eficiência do sistema, no caso o ASI é viável para produção de mudas florestais a tensão previamente determinadas pela altura do pressostato para cada espécie, por exemplo 4, 6 e 8 kPa para *Schinus terebinthifolius*.

3.7 FONTES DE ENERGIA

A matriz elétrica brasileira é considerada limpa e de baixo carbono, pois baseia-se com fontes renováveis em seu aproveitamento, principalmente as grandes hidrelétricas geradoras de energia no Brasil (OECD, 2015). As usinas hidrelétricas

geradoras de energia conhecidas por fonte de energia limpa com baixos níveis de emissão de gases de efeito estufa, também causam enormes impactos ambientais e sociais no processo de construção das mesmas (WWF/BRASIL, 2012).

A fonte de energia hídrica representa cerca de 64,9 % da oferta interna do país no total geral, as fontes renováveis de energia representam 83 % da eletricidade no Brasil mais as importações, sendo potencialmente a energia hidráulica, energia de biomassa, energia eólica e energia solar, apesar de atualmente a energia hidráulica estar diminuindo sua participação percentual (EPE, 2020; MME, 2019). E como consequência disto, o Brasil tem baixíssimas emissões dos chamados de GEEs (Gases do Efeito Estufa), decorrentes da geração e do uso de energia quando comparados a países da União Europeia (OECD-FAO, 2015).

Fontes de energias renováveis alternativas de baixos custos e menores impactos ambientais, de acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), representando 5 % com fontes como: eólica, biomassa, solar e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e os outros 95% relacionados as fontes tradicionais usinas hidrelétricas, energia nuclear e termelétricas a gás natural, óleo diesel ou carvão mineral (BRASIL, 2011).

Em propriedades rurais a autoprodução de energia para atender as demandas agrícolas no campo focam principalmente a produção de energia eólica para bombeamento de água em poços artesianos, biodigestores (gás natural), solar fotovoltaica, hidráulica de rodas d'água e mesmo pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), além do consumo convencional através de rede elétrica (OLIVEIRA et al., 2018). Dependendo da quantidade de energia gerada nas propriedades rurais, estas podem distribuir os excedentes desta agroenergia gerada nas redes das concessionárias de energia elétrica, recebendo assim benefícios e incentivos (ABINEE, 2012; EPE, 2020; WWF, 2012).

Conforme Khan, Sarkar e Islam (2013) a energia produzida a partir de painéis fotovoltaicos é uma boa solução para atender demandas de agricultores de Bangladesh, que passam por um momento de crise de energética, podendo ter custos bem mais competitivos, quando comparados a outras fontes de energias tradicionais e sistemas importados. O custo inicial dos sistemas de bombeamento solar pode dificultar a popularização dos sistemas nas áreas rurais e nas empresas privadas, no entanto, bancos e governos podem apresentar uma soluções que se encaixem na população agrícola.

Com projetos e tempo total de uso do sistema bem planejados e organizados, a fim de, usar-se de forma mais eficiente possível a energia solar, principalmente no bombeamento de água para irrigação, irá facilitar a vida do agricultor e aumentar a produtividade nas operações, com o crédito de carbono como benefício adicional.

“E quando se fala em energia, deve-se lembrar de que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia disponíveis são derivadas da energia do Sol” (ALVARENGA; FERREIRA; FORTES, 2014).

Para Ali, Dash e Pradhan (2012), fontes de energias renováveis e agricultura são combinações vencedoras. Incluem energia solar (fotovoltaica), energia eólica e hídrica (Microsinas hidrelétricas), óleo de plantas (biocombustível), madeira de fontes sustentáveis, biomassa (ex: bagaço de cana-de-açúcar) e biogás (gás produzido pela fermentação de esterco e resíduos de colheita). Esta energia pode ser utilizada em distintas tarefas na propriedade rural, como por exemplo: bombear água para irrigação, gado ou uso doméstico; iluminação; alimentando operações de processamento, automação e outros. Uma solução para o futuro próximo são as fazendas produtoras de energias renováveis, agroenergia, fornecendo eletricidade barata sem poluição, de forma sustentável equilibrada como o meio ambiente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho visa atender as demandas de agricultores inscritos no programa de Assistência Técnica e Extensão Rural desenvolvido em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF) e o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Para elaboração do trabalho adotou-se uma pesquisa bibliográfica, utilizando de fontes como artigos científicos, dissertações e vídeos com a proposta de se implantar um acionador de irrigação autônomo para áreas agrícolas, fazendo-se o uso de um acionador simplificado proposto por Medici (2008). A proposta também partiu do conhecimento adquirido através de vivências em campo por parte do pós-graduando. Com isso, foram executadas e descritas as etapas de preparo e montagem do acionador, visando facilitar o entendimento e montagem do sistema por qualquer agricultor.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O trabalho foi proposto para implantação no Sítio Cantobello, localizado em Papucaia, Cachoeira de Macacu-RJ. De acordo com Köppen e Geiger classificação do clima é Aw, clima tropical com estação seca de inverno, temperatura média de 23,1 °C e pluviosidade média anual de 1307 mm. (CLIMATE DATA, 2021).

De acordo com o proprietário a área (figura 1) disponível para a instalação do acionador apresenta-se com aproximadamente 1 ha, onde há produção de coco consorciados com bananas na mesma linha de plantio, que se intercalam com linhas de abacate consorciados com limão e tangerina com sistema de irrigação por microaspersão com acionamento manual.

Figura 1: imagem da área de SAF irrigada por microaspersão



Fonte: Googleearth.com

A fonte de energia elétrica utilizada na propriedade é proveniente da Cooperativa de Eletrificação Rural Cachoeiras-Itaboraí (CERCI). E em relação a disponibilidade hídrica, a propriedade possui poço semi-artesiano, no entanto possui no ponto mais alto da propriedade um reservatório d'água ao qual é distribuída em outros pontos da propriedade por gravidade.

4.2 MODELO DE ACIONADOR PROPOSTO

O modelo utilizado para a construção do acionador é descrito por Medici (2010):

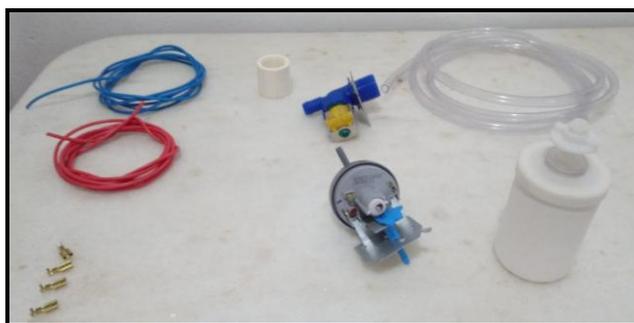
[...] Quando o solo seca, a sucção na cápsula de cerâmica puxa a coluna d'água acima do pressostato, aliviando a pressão em seu diafragma e a chave liga; como a irrigação permanece ligada, a água entra novamente na cápsula e

empurra o diafragma que fecha o interruptor e a irrigação para. O controlador automático foi avaliado para gotejamento irrigação de plantas de *Coleus sp.* Eles foram usados para acelerar a extração de água do substrato e também ser porque esta espécie de planta é conhecida por murchar facilmente, podendo apresentar quaisquer sinais de déficit hídrico. As plantas exibiram crescimento contínuo durante os quatro meses de experimentos e nunca exibiram qualquer aspecto visual de murchamento [...] (MEDICI et al., 2010)

Para montagem do acionador simplificado de irrigação (ASI) a baixo custo desenvolvido por Medici (2008), conforme a descrição dos autores mencionados no parágrafo anterior, o ASI de baixo custo foi elaborado para ser montado, instalado e ter manutenção de forma facilitada. Para a montagem do ASI são necessários os seguintes materiais (figura 2):

- pressostato de máquina de lavar comum;
- arame galvanizado;
- fita isolante;
- veda rosca;
- cola instantânea tipo super bond;
- mangueira de PVC Ø 8 mm x 1,5 mm;
- vela de filtro de cerâmica;
- Fio Ø 2,5mm;
- Conexão faston.

Figura 2: Materiais utilizados



Fonte: Autor, 2022.

4.3 LOCALIZAÇÃO DO ACIONADOR NA ÁREA

Após a montagem o acionador será colocado da seguinte forma no solo: A vela de filtro deverá ser instalada na profundidade ideal de absorção de água e nutrientes pelas raízes das cultura, no caso 0,4 m a 0,6 m de profundidade (figura 8)

A válvula solenoide deverá ser colocada logo no início da linha principal que distribui água aos ramais laterais que irrigam as linhas de cultivo e a vela de filtro ficará imediatamente abaixo do sistema radicular das culturas, e a 0,4 m a 0,6 m abaixo da vela estará posicionado o pressostato (figura 8). É importante que o pressostato fique protegido dentro de um tubo de pvc tampado para não ter contato com umidade.

Figura 8 : Posicionamento do ASI no campo.



Fonte: Youtube, 2022.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO E MONTAGEM DO ACIONADOR

Descrição detalhada para montagem do acionador:

1ª Etapa

Coloca-se a vela do filtro de cerâmica em um recipiente com água para a saturação da vela;

Figura 3: Vela de cerâmica saturada

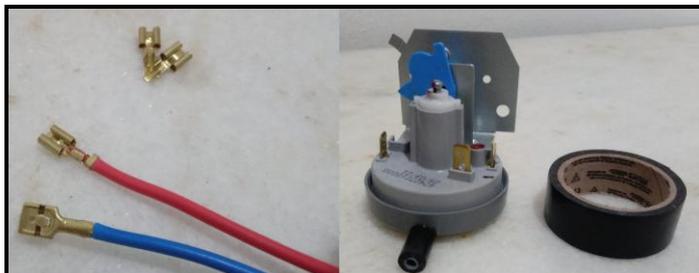


Fonte: Autor, 2022.

2ª Etapa

Fazer as conexões com os terminais faston nos fios e aumentar o diâmetro da conexão do pressostato para ter o mesmo diâmetro da mangueira;

Figura 4: Terminais faston nos fios e pressostato.



Fonte: Autor, 2022.

3ª Etapa (Colocação da mangueira no pressostato)

Faz-se a união da mangueira com pressostato utilizando um pedaço de arame.

Figura 5: Conexão mangueira-pressostato.



Fonte: Autor, 2022.

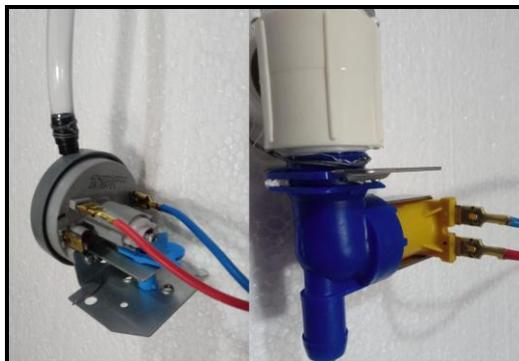
4ª Etapa (Conexão do pressostato, mangueira e vela)

Com a etapa 2 realizada, a mangueira conectada no pressostato deverá ser preenchida com água e certificar-se que não há a formação de bolhas. Posteriormente, com o dedo tapando a mangueira presa ao pressostato esta é conectada a vela de filtro dentro do recipiente utilizado para saturar a vela, para que desta forma não entre ar no sistema;

5ª Etapa (Conexão dos fios)

Somente plugar os fio com conexões faston as marcações VI e RO indicadas no pressostato e na válvula solenoide.

Figura 6: Sistema elétrico finalizado

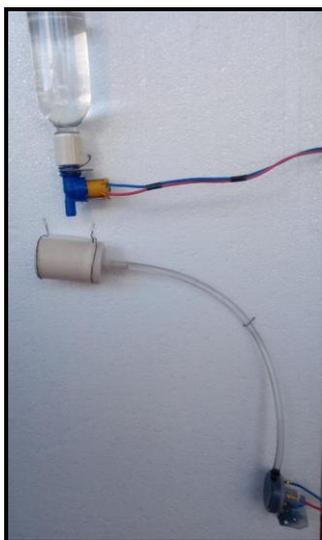


Fonte: Autor, 2022.

6ª Etapa

Apresentação do Painel didático.

Figura 7: Painel ASI



Fonte: Autor, 2022.

5.2 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO ACIONADOR

O acionador simplificado para irrigação (ASI) é construído com peças provenientes de máquinas de lavar roupas, disponíveis nos comércios, assim permitindo o acesso para que qualquer nível de agricultor possa adquirir os materiais para a montagem do ASI, fazendo o uso de uma tecnologia que aumenta a eficiência do uso da água (EUA) utilizada na irrigação e reduzir custos de mão-de-obra com manejo de

irrigação ou mesmo permitir a realização de outras tarefas pertinentes (BATISTA et al., 2013; MEDICI et al., 2010).

De acordo com Oliveira Junior (2016), em experimento desenvolvido com produção de mudas de aroeira foi utilizando o ASI em diferentes desníveis entre a vela de cerâmica e o pressostato, a tensão de acionamento do equipamento é igual a esse desnível (MEDICI et al., 2010), ou seja, para uma tensão de 4 kPa, 6 kPa, 8 kPa e 10 kPa temos que ter respectivamente os desníveis de 40 cm, 60 cm, 80 cm e 100 cm. Dessa forma conhecendo-se as características ambientais, do solo e das espécies cultivadas é possível alterar o desnível do ASI para uma tensão mais adequada ao sistema.

Em solos com baixo teor de umidade o sensor perde água para o solo, este processo cria uma tensão no interior do acionador, fazendo com que o pressostato arme e ligue a válvula solenoide, promovendo assim a irrigação. A regulação da tensão de água no solo em que se deseja trabalhar é feita com base na profundidade de instalação do pressostato, que deve estar posicionado abaixo da cápsula cerâmica (DIAS et al., 2013; MEDICI et al., 2010).

Em trabalhos conduzidos com ASI os melhores resultados foram quando utilizou-se tensões de 4 kPa e 6 kPa, sendo que esta última apresenta maior EUA o que proporciona um controle hídrico adequado, além de evitar perdas por percolação (OLIVEIRA JUNIOR, 2016).

O dispositivo ASI apresenta ótimo desempenho quando submetido a diferentes condições de operação e tipos de solos, possibilita também a manutenção de diferentes níveis do conteúdo de água no solo, seja em campo ou em casas de vegetação (BATISTA, 2012).

Acionadores autônomos a baixo custo contribuem para a manutenção da produção agrícola, reduz a mão-de-obra, proporciona o uso eficiente dos recursos hídricos e minimiza as despesas de uso de energia elétrica, isto com baixíssimo impacto ambiental (ALVARENGA; FERREIRA; FORTES, 2014).

O sistema de acionador autônomo para irrigação contribui para o crescimento da raiz, redução do escoamento, lixiviação, condições menos favoráveis para insetos e doenças fúngicas, grande economia de água de irrigação, plantas mais fortes e saudáveis, rendimentos elevados e estáveis (BHOSALE e DIXIT, 2012).

O acionador mostra-se eficiente quanto ao uso consciente dos recursos hídricos e o manejo racional da água de irrigação para a produção de milho verde orgânico. O volume de água disponibilizado para as plantas pelo acionamento autônomo (ASI) permitiu uma irrigação aproximadamente a 78% da evapotranspiração real (ET_o) (BATISTA, 2012).

O sistema mostra-se durável quando seguidas as recomendações de isolamento das partes elétricas e permitindo o bom funcionamento do acionador automático por meses e mesmo durante o ciclo completo das culturas, proporcionando o desenvolvimento normal das plantas e aumentando a lamina de água de acordo com o crescimento vegetal (MESQUITA, 2018).

Tecnologias com o ASI proporcionam a sustentabilidade social, econômica e ambiental otimizando o uso da irrigação com eficiência no uso da água, aumento da produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, mostrando a importância do acionador como uma importante ferramenta (MENDES, 2013).

5.3 CUSTO

Os materiais utilizados para construção do acionador podem ser todos reaproveitados de máquinas de lavar roupa. No entanto, para o presente trabalho os materiais foram comprados em lojas de conserto de máquina de lavar totalizando um gasto total de R\$ 93,75.

Tabela 1: Custo dos materiais (ASI).

MATERIAIS	CUSTO (R\$)
Válvula solenoide	30,00
Pressostato	30,00
Vela de filtro	18,00
Mangueira	1,75
Terminal faston	1,00
Fita isolante	4,00
Cola	9,00
TOTAL	93,75

Fonte: autor, 2022

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório o baixo custo do sistema quando comparado aos sistemas tradicionais que existem no mercado, além do ASI funcionar de acordo com a necessidade hídrica da cultura e com a umidade do solo.

A facilidade de montagem e entendimento por qualquer nível de agricultor para instalação na propriedade, pois são poucos materiais para construção e também por serem materiais comuns ao cotidiano doméstico.

A potencialidade do acionador podem ser descritas como vantagens relacionadas ao uso do ASI como a disponibilidade hídrica na quantidade e no tempo certo para a cultura, permitindo EUA, reduzindo dos gastos elétricos da moto-bomba e de mão de obra durante o manejo da irrigação, além do baixíssimo custo para implementação do acionador.

No entanto, o objetivo inicial do projeto era efetivar a implantação do acionador na área disponibilizada na propriedade Cantobello, sendo comprado todos os equipamentos necessários para sua construção, mas devido a pandemia que iniciou-se no ano de 2020 e ainda com resíduos da doença neste ano de 2022 não foi possível realizar a implantação do ASI na propriedade, pois o isolamento social não permitiu e

também pelo fato do proprietário não estar recebendo pessoas que não fossem funcionários.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Adaptar uma placa fotovoltaica ao sistema como uma fonte de energia e para que o sistema fique totalmente independente da rede de eletricidade pública não ficando suscetível a quedas de energia repentinas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIB, C. H. et al. Desenvolvimento Sustentável E Reciclagem De Água. **Revista Terceiro Setor**, v. 4, n. 1, p. 3–13, 2010.
- ABINEE. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. **Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica**, v. 1, p. 176, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA- SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Informe 2014 - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica**. [s.l.] BRASÍLIA: ANA, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas**. [s.l.] BRASÍLIA: ANA, 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores / Agência Nacional de Águas**. [s.l.] BRASÍLIA: ANA, 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual**. [s.l.] BRASÍLIA: ANA, 2020.
- AHI, Y. et al. The Canopy Temperature Response to Vapor Pressure Deficit of Grapevine cv. Semillon and Razaki. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 399–407, 2015.
- ALI, S. .; DASH, N.; PRADHAN, A. Role Of Renewable Energy On Agriculture. **International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies**, v. 4, n. 1, p. 51–57, dec., 2012.
- ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação Na Irrigação Da Agricultura Familiar. **Sinergia, São Paulo**, v. 15, n. out./dez., p. 311–318, 2014.
- ARAÚJO JÚNIOR, R. D. A. **Controlador Automático de Irrigação, Baseado na Aplicação de Água em Turnos de Rega e Lâminas Variáveis**. [s.l.] Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal - SP, p. 82, 2017.
- ARGYROKASTRITIS, I. G.; PAPASTYLIANOU, P. T.; ALEXANDRIS, S. Leaf Water Potential and Crop Water Stress Index Variation for Full and Deficit Irrigated Cotton in Mediterranean Conditions. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 463–470, 2015.
- BAGATINI, M.; BONZANINI, V.; OLIVEIRA, E. C. Análise Da Qualidade Da Água Em Poços Artesianos Na Região De Roca Sales, Vale Do Taquari. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 1, p. 84–91, 2017.
- BALBINO, A. **3 formas de fazer o manejo da irrigação na lavoura atmosfera**.

Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/3-formas-de-fazer-o-manejo-da-irrigacao-na-lavoura/>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

BARROS, A. B. DE; BARROS, A. M. A. DE. The Difficult Applicability of Water Policy in Brazil. **Inter Science Place**, v. 2, n. 7, p. 22, maio/junho, 2009.

BATISTA, S. C. D. O. **Estudo Técnico e Econômico de um Dispositivo Visando à Automação de Sistemas de Irrigação a Partir do Monitoramento do Conteúdo de Água no Solo**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica - RJ, p. 44, 2012.

BATISTA S. C. O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L. O. Production of lettuce automatically watered with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Vol.11, April 2013.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2016.

BEZERRA, A. C. M. **Irrigação Automática Acionada Por Sensor De Pressão De Vapor Aplicada Na Produção De Mudas De Alface**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica - RJ, p. 53, 2017.

BHOSALE, P. A.; DIXIT, V. . V. Water Saving-Irrigation Automatic Agricultural Controller. **International Journal Of Scientific & Technology Research**, v. 1, n. 11, p. 118–123, december, 2012.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The Nature and Properties of Soils**. 11th edition ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall College Div, 1996.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13. **Diário Oficial da União, Brasília, 9 de jan., 1997**.

BRASIL. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020: Sumário**. [s.l.] Ministério de Minas e Energia/MME, Empresa de Pesquisa Energética/EPE, Brasília - DF, 2011.

BRASIL. LEI Nº 12.787, DE 11 DE JANEIRO DE 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nºs 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nºs 2.032,. **Diário Oficial da União, 11 de jan., p. 1–9, 2013**.

BRASIL. **Avaliação de políticas públicas: reflexões acadêmicas sobre o desenvolvimento social e o combate à fome: Segurança alimentar e nutricional**. [s.l.] Brasília - DF: MDS; Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação, 2014.

BUTTARO, D. et al. Irrigation Management of Greenhouse Tomato and Cucumber Using Tensiometer: Effects on Yield, Quality and Water Use. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 440–444, 2015.

CAMARGO, D. C. **Manejo da Irrigação: Como, Quando e Quanto Irrigar? (4h)**. [s.l.] Insti- tuto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada - INOVAGRI/IFCE,

Fortaleza - CE, 2016.

CANELLE, T. D.; LIMA, E. DE C.; BORGES, L. A. C. Panorama Dos Recursos Hídricos No Mundo E No Brasil. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1259–1282, 2018.

CHARTZOULAKIS, K.; BERTAKI, M. Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 88–98, 2015.

CHIOTELLI, E. P. Evaluation of the Effects of Irrigation and Drainage Practices on the Landscape of Lake Pamvotis, Ioannina: Implications for Landscape Management in the Context of Sustainability. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 201–210, 2015.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista Política Agrícola**, v. 1, p. 10, 2013.

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Conjunto de normas legais: recursos hídricos**. [s.l.] Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Brasília: MMA, 2011.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Cachoeiras de Macacu**, RJ. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/cachoeiras-de-macacu-33704/>>. Acesso em 03 de junho de 2022.

COELHO, E. F. et al. **Método simplificado de determinação da umidade do solo para uso em manejo de irrigação em agricultura familiar**. [s.l.] Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.4 (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 155), 2013.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. D. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57–60, 2005.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Uso de Sensores Irrigas® para o Manejo da Água na Produção de Uvas de Mesa no Noroeste Paulista**. [s.l.] Bento Gonçalves - SP: Embrapa Uva e Vinho, 2016. 6 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 183), 2016.

COOPER, Miguel; MAZZA, Jairo Antônio. **Água no Solo**. Apostila Parte II. São Paulo: Universidade de São Paulo. Departamento de Ciência do Solo. Disciplina LSN-310 Física do Solo, 2016. Disponível em <<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=10852>>. Acesso em: 20 set. 2022

CRUZ, T. A. C. DA. **Desenvolvimento de uma rede sem fio de micro estações meteorológicas para o manejo de irrigação**. [s.l.] Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, Piracicaba - SP, p. 68, 2018.

CUNHA, A. H. N. et al. O Reúso De Água No Brasil: A Importância Da Reutilização De Água No País. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1125–1248, 2011.

CUNHA, K. C. B. DA; ROCHA, R. V. DA. Automação no processo de irrigação na

- agricultura familiar com plataforma arduíno. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, p. 62–74, 2015.
- DADALTO, G. G. et al. Tecnologias De Conservação E Armazenamento De Água Em Propriedades Rurais. **Incaper em Revista**, v. 6, n. 7, p. 42–50, janeiro- dezembro, 2016.
- DELARMELINA, W. M. et al. Diferentes substratos para a produção de mudas de sesbania virgata. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224–233, 2014.
- DIAS, G. C. DE O. et al. Papaya seedlings growth using a low-cost, automatic watering controller. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 527–535, 2013.
- DOURADO, L. G. A. et al. Reposição De Água Na Cultura Da Alface Lisa Com A Utilização Do Irrigás Em Ambiente Protegido. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v. 10, n. 18, p. 2634–2648, 2014.
- DU, T. et al. Deficit Irrigation And Sustainable Water-Resource Strategies In Agriculture For China's Food Security. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 8, p. 2253–2269, abril, 2015.
- ELOY, E. et al. Avaliação da Qualidade de Mudas de Eucaliptus grandis Utilizando Parametros Morfológicos. **FLORESTA, Curitiba**, v. 43, n. 3, p. 373–384, 2013.
- EMBRAPA. **Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar**. [s.l.] Eugenio Ferreira Coelho ... [et al.] - Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.48 (Embrapa Mandioca e Fruticultura), 2017.
- EMBRAPA. **Visão 2030 - o futuro da agricultura brasileira**. [s.l.] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa, Brasília - DF Embrapa, 2018.
- EMBRAPA. **O Desafio do uso da Água na Agricultura Brasileira**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/sobre-o-tema#:~:text=A agricultura tem sido apontada,é prioritariamente dependente de chuvas.>>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **ODS 6: Água e Saneamento – Contribuições da EMBRAPA**. [s.l.] Embrapa, 2018.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanco Energético Nacional 2020: Ano base 2019**. [s.l.] Empresa de Pesquisa Energética/EPE, Rio de Janeiro - RJ, 2020.
- GONÇALVES, F. V. Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás , tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo. **Dissertação (Mestrado em Ciências) - pós-graduação em Fitotecnia- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica**, v. 44, n. 11, p. 1–50, 2013.
- GRAH, V. DE F. **Desenvolvimento de um sistema hidráulico-mecânico para o acionamento sequenciado da irrigação por aspersão em malha**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, Piracicaba - SP, p. 67, 2011.
- GUNTURI, V. N. R. Micro Controller Based Automatic Plant Irrigation System.

International Journal of Advancements in Research & Technology, v. 2, n. 4, p. 194–198, 2013.

IRFAN, M. et al. Impact Of Irrigation Management Practices And Water Quality On Maize Production And Water Use Efficiency. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 24, n. 5, p. 1518–1524, 2014.

JUNIOR, A. G. DE O. Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira – Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*). **Dissertação (Mestrado em Ciências) - pós-graduação em Agricultura Orgânica- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica**, p. 1–49, 2016.

KHAN, S. I.; SARKAR, M. M. R.; ISLAM, M. Q. Design and Analysis of a Low Cost Solar Water Pump for Irrigation in Bangladesh. **Journal of Mechanical Engineering**, v. 43, n. 2, p. 98–102, december, 2013.

LIBARDI, Paulo Leonel. Água no solo. São Paulo: ESALQ-USP, 2016. Disponível em: <http://www.ler.esalq.usp.br/aulas/lce200/Agua_no_Solo_2016_simulado.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.

LIMA, V. C. S. **Avaliação Do Processo De Transferência De Tecnologia De Automação De Baixo Custo Para Irrigação: Estudo De Caso Na Escola Família Agrícola De Jacaré – Itinga (Mg)**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica - RJ, p. 64, 2012.

LOPES, A. D. G.; SILVA JUNIOR, D. P. D.; MIRANDA, D. A. D. Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC). **Revista Petra**, v. 1, n. 2, 2015.

MARTINS, E. G. O.; DINIZ, A. M. F.; ARAÚJO, R. D. Irrigação com aproveitamento da água das chuvas e bombeamento fotovoltaico. **V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, n. December, p. 1–13, 2015.

MEDICI, L. DE O. Simplified automatic controller for irrigation systems. **Revista da Propriedade Industrial**, p. 1–4, 2008.

MEDICI, L. O. et al. Automatic controller to water plants. **Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)**, v. 67, n. 6, p. 727–730, 2010.

MELO, D. F. DE. **Desempenho Da Alface Cultivada Em Ambiente Protegido E À Campo**. [s.l.] Dissertação (Mestre em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande - PB, p. 48, 2018.

MENDES, M. M. **Dispositivo De Baixo Custo Para Automação De Sistema De Irrigação E Sua Avaliação Na Produção De Milho Verde Orgânico**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica - RJ, p. 35, 2013.

MESQUITA, D. Z. **Zoneamento Agroclimático e Relações Hídricas no Crescimento de Mudas de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) em Sistema Automático de Irrigação de**

Baixo Custo. [s.l.] Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica - RJ, p. 148, 2018.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **RELATÓRIO DE GESTÃO EXERCÍCIO 2018.** [s.l.] Ministério de Minas e Energia/Secretaria-Executiva, Brasília - DF, 2019.

MYRIOUNIS, C. et al. Agricultural and Urban Green Infrastructure Irrigation Systems Auditing – A Case Study for the Region of Epirus. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 300–309, 2015.

OECD-FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024.** [s.l.] /Food and Agriculture Organization of the United Nations/FAO, OECD Publishing, Paris, 2015.

OECD. **OECD Environmental Performance Reviews: Brazil 2015.** [s.l.] Publishing, Paris, 2015.

OLIVEIRA, A. P. M. DE et al. Análise Técnica E Econômica De Fontes De Energia Renováveis. **The Journal of Engineering and Exact Sciences - JCEC**, v. 4, n. 1, p. 7, 2018.

OLIVEIRA JUNIOR, A. G. DE. **Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira – Pimenteira (Schinus terebinthifolius).** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica - RJ, p. 38, 2016.

PACHICO, I. W. L. **Avaliação De Sistemas De Irrigação Localizada De Baixo Custo Recomendado A Pequenos Agricultores Da Região Semiárida.** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, MOSSORÓ - RN, p. 67, 2014.

PAPAFOTIOU, E.; KATSIFARAKIS, K. L. Ecological Rainwater Management in Urban Areas. Preliminary Considerations for the City of Corinth, Greece. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 383–391, 2015.

PAZ, V. P. DA S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande -PB**, v. 4, n. 3, p. 465–473, 2000.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V. DA; PEIXOTO, M. DE F. DA S. P. Análise Quantitativa do Crescimento de Plantas: Conceitos e Prática. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiania**, v. 7, n. 13, p. 1–26, 2011.

PEÑARANDA, R. E. C. Sistema de irrigação Automatizado pela Umidade do Solo. **Monografia (Especialização em Internet das coisas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba**, p. 1–40, 2018.

PINMANEE, S. et al. Development of a low-cost tensiometer driven irrigation control unit and evaluation of its suitability for irrigation of lychee trees in the uplands of Northern Thailand in a participatory approach. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 3, n. 7, p. 226–230, 2011.

RODRIGUES, R. A. S.; SOUSA, P. F. C. **Irrigação e Drenagem.** [s.l.] Editora e

Distribuidora Educacional S.A, Londrina - PR, 2018.

SANTOS, E. C. DE O. DOS et al. ANALYSIS OF WATER QUALITY INTENDED FOR HUMAN CONSUMPTION IN A RURAL COMMUNITY IN THE COXIM / MS MUNICIPALITY. **Holos Environment**, v. 20, n. 3, p. 423–441, 2020.

SANTOS, I. B. et al. Internet das coisas (IoT) aplicada ao agronegócio: Projeto e implementação de um gateway de IoT sobre a plataforma Arduino para simplificar a automatização da aquicultura. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 26631–26653, 2019.

SILVA, F. V. E. **A Importância Do Gerenciamento Dos Recursos Hídricos Para A Produção Dos Agricultores Familiares: O Caso Do Projeto Público De Irrigação Nilo Coelho**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) - Universidade de Brasília - UNB, Brasília - DF, p. 177, 2013.

SOUSA, A. V. DE; ROCHA, R. V. DA. Automação na agricultura : tecnologia acessível aos pequenos produtores rurais. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, p. 9–33, 2018.

THEBALDI, M. S. et al. Water application uniformity on the irrigation of native forest seedlings grown in recipient tubes. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 978–987, 2014.

VASCONCELOS, H. S. Automação de sistema de Irrigação em Malha Fechada Utilizando Rede Sem fio de Sensores Capacitivos de Umidade do Solo. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE**, p. 1–76, 2013.

VITÓ, C. V. G. et al. Avaliação Da Qualidade Da Água: Determinação Dos Possíveis Contaminantes Da Água De Poços Artesianos Na Região Noroeste Fluminense. **ACTA Biomédica Brasiliensia**, v. 7, n. 2, p. 59–75, 2016.

WWAP. **Facts and figures; from the United Nations World Water Development Report 4: managing water under uncertainty and risk**. [s.l.] World Water Assessment Programme/WWAP, Paris: UNESCO, 2012.

WWF/BRASIL. **ALÉM DAS GRANDES HIDRELÉTRICAS: POLÍTICAS PARA FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**. [s.l.] World Wide Fund For Nature/WWF. Brasil.Brasília, 2012.