

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
Autorização Decreto nº 9237/86. DOU 18/07/96.
Reconhecimento: Portaria 909/95, DOU 01/08-95
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIAS E CIÊNCIAS
SOCIAIS
CAMPUS III – JUAZEIRO



FERNANDO LEITE DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA DRENAGEM E DA IRRIGAÇÃO DE UMA ÁREA
EXPERIMENTAL DE CULTIVO DE MANGUEIRA EM JUAZEIRO-
BA**

JUAZEIRO BA

2023

FERNANDO LEITE DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA DRENAGEM E DA IRRIGAÇÃO DE UMA ÁREA
EXPERIMENTAL DE CULTIVO DE MANGUEIRA EM JUAZEIRO-
BA**

Monografia apresentada à Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS campus III, Curso de Engenharia Agrônômica, como um dos pré-requisitos para a disciplina de Trabalho de conclusão de curso – TCC.

Orientador: Prof^ª. Dra. Ligia Borges Marinho

JUAZEIRO BA

2023

FERNANDO LEITE DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA DRENAGEM E DA IRRIGAÇÃO DE UMA ÁREA
EXPERIMENTAL DE CULTIVO DE MANGUEIRA EM JUAZEIRO-
BA**

Monografia apresentada à Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS campus III, Curso de Engenharia Agrônômica, como um dos pré-requisitos para a disciplina de Trabalho de conclusão de curso – TCC.

Aprovado em 21/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **LIGIA BORGES MARINHO**
Data: 24/02/2024 10:43:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr^a. Lígia Borges Marinho (Presidente/Orientador)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – III

Documento assinado digitalmente
 **LARISSA DE SA GOMES LEAL**
Data: 26/02/2024 08:57:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Larissa de Sá Gomes Leal (primeira examinadora)

Pós-Graduação em Horticultura Irrigada/ Universidade do Estado da Bahia -III

Documento assinado digitalmente
 **FRENISSON REIS SANTANA**
Data: 27/02/2024 12:42:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Mestrando Frenisson Reis Santana (segundo examinador)

Pós-Graduação em Horticultura Irrigada/ Universidade do Estado da Bahia –III

JUAZEIRO-BA

2023

DEDICATÓRIA

*À Deus, minha fonte de sabedoria e força.
À minha família, por todo amor e companheirismo, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo zelo, pelo dom da vida, por ter me dado saúde, permitindo essa conquista.

À Universidade do Estado da Bahia – UNEB, pela oportunidade de realização do curso de Engenharia Agrônômica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do INSTITUTOS DE CIÊNCIA, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DO ESTADO DA BAHIA, “Economia Verde, Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável na Bahia”.

À minha família pelo incentivo, amor, apoio, compreensão e educação, em especial aos meus pais Juarez e Valmira, minha irmã Viviane, além de Nicolas Davi que foram minha base.

À professora Lígia, que aceitou ser minha orientadora, pelos ensinamentos passados e pela confiança na realização do projeto.

À Jeones – JMS Agrimensura por toda a disponibilidade na realização do Georreferenciamento da área.

Aos meus amigos que construir durante esse período na Universidade, em especial José Daniel, Nadja Cassimiro, Matheus Brito, Francinaldo Hipólito, Leticya Abreu, e Bruna Sá, além dos colegas que formei nesse tempo.

Aos Colegas Fernando Brasileiro, Hailton, João Pedro, Najla, Adélia, por toda ajuda no trabalho.

Ao professor Valtemir por disponibilizar a área experimental da mangueira para a realização do meu trabalho.

Aos amigos de infância do Salitre que se tornaram parte da minha família, pela amizade, apoio e por proporcionar momentos de alegrias;

A todos que de certa forma contribuíram direta ou indiretamente, para este trabalho e minha formação acadêmica.

RESUMO

A irrigação tem sido um dos grandes destaques para aumentar a produção agrícola, principalmente pelo Juazeiro-Petrolina, no Submédio São Francisco. O estresse gerado devido ao excesso de umidade no solo resulta na redução do nível de oxigênio disponível. Durante os períodos chuvosos e de estiagem, o lençol freático sofre flutuações. Contudo, o objetivo do trabalho foi identificar os possíveis problemas de má drenabilidade numa área experimental do DTCS/UNEB cultivada com diferentes genótipos de mangueira. Foram confeccionados e instalados poços de observação para o monitoramento do lençol freático, em pontos equidistantes (a cada 24 m), no centro do camalhão, para instalação de 36 poços. A coleta dos dados referentes à profundidade do lençol freático foi efetuada por meio de uma régua milimétrica, em cada poço. Os poços foram georreferenciados, por meio de um sistema RTK GPS, com uma base e um receptor. Adicionalmente, foi efetuada a avaliação do sistema de irrigação da área nas subunidades, onde mediu-se a volume de água emitidos pelos microaspersores em uma unidade operacional, por meio de proveta, com capacidade de 2 L. Com os dados coletados, foram analisados o Coeficiente de Uniformidade de Christiasen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência do Sistema (EF), Variação de Pressão, além de inspeção abrangente em toda a área irrigada da mangueira. Imediatamente após as análises, constatou-se que houve a presença do lençol freático em três pontos distintos (P07, P11 e P23). Efetuando uma observação na área, pôde-se identificar que a causa da água nos poços, se devia a problemas no sistema de irrigação. Constatou-se que na 1ª Subunidade o CUC foi de 58,81%, o CUD de 37%, a EF de 35,15% e a variação de pressão ao final das linhas laterais de 92, 86% e na 2ª Subunidade, respectivamente 69,70%; 54,46%, 51,74% e 40%. Após examinar minuciosamente o estado atual do sistema de irrigação na área experimental, constatou-se uma significativa proporção de microaspersores danificados e mangueiras perfuradas ao longo das linhas laterais; evidenciando um considerável desperdício de água e desuniformidade do sistema de irrigação. Não foram identificados problemas relacionados à drenagem na área experimental cultivada com manga. Recomenda-se a manutenção e ou troca do sistema de irrigação da área experimental.

Palavras-chave: Drenagem, Piezômetro, Sistema de Irrigação.

ABSTRACT

Irrigation has been one of the great highlights for increasing agricultural production, mainly at the Juazeiro-Petrolina hub, in the Lower São Francisco region. The stress generated due to excess moisture in the soil results in a reduction in the level of available oxygen. During rainy and dry periods, the water table fluctuates. However, the objective of the work was to identify possible problems of poor drainage in an experimental area of DTCS/UNEB cultivated with different hose genotypes. Observation wells were constructed and installed to monitor the water table, at equidistant points (every 24 m), in the center of the ridge, for the installation of 36 wells. Data collection regarding the depth of the water table was carried out using a millimeter ruler in each well. The wells were georeferenced using an RTK GPS system, with a base and a receiver. Additionally, an assessment of the area's irrigation system was carried out in the subunits, where the volume of water emitted by the micro sprinklers in an operational unit was measured, using a test tube, with a capacity of 2 L. With the data collected, the Christiansen Coefficient of Uniformity (CUC), Coefficient of Uniformity of Distribution (CUD), System Efficiency (EF), Pressure Variation, as well as comprehensive inspection over the entire irrigated area of the hose. Immediately after the analyses, it was found that there was the presence of groundwater at three different points (P07, P11 and P23). Carrying out an observation in the area, it was possible to identify that the cause of the water in the wells was due to problems in the irrigation system. It was found that in the 1st Subunit the CUC was 58.81%, the CUD was 37%, the EF was 35.15% and the pressure variation at the end of the lateral lines was 92, 86% and in the 2nd Subunit, respectively. 69.70%; 54.46%, 51.74% and 40%. After thoroughly examining the current state of the irrigation system in the experimental area, a significant proportion of damaged micro sprinklers and punctured hoses were found along the lateral lines; highlighting a considerable waste of water and non-uniformity of the irrigation system. No problems related to drainage were identified in the experimental area cultivated with mango. It is recommended that the irrigation system in the experimental area be maintained and/or replaced.

Keywords: Drainage, Piezometer, Irrigation System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da Área com seus Genótipos na Cultura da Mangueira Irrigada.	16
Figura 2. Imagem google maps da área de Mangueira Irrigada.	16
Figura 3. Detalhe do procedimento de envelopamento do tubo, tradagem, inserção e após finalização da instalação do poço de observação de lençol freático.....	18
Figura 4. Detalhe do georreferenciamento da área experimental de mangueira, base (A e B) e receptor (C), usado para coleta de dados.	18
Figura 5. A) Procedimento de coleta de água para determinar a vazão. B) Detalhe da proveta, avaliação do sistema de microaspersão, área mangueira, DTCS/UNEB.	19
Figura 6. Esquema de metodologia baseada na proposta de Keller e Karmeli (1975)...	19
Figura 7. Medição da pressão nos finais da linha lateral (1 linha, 1/3, 2/3 última linha), das subunidades de irrigação.	21
Figura 8. Detalhe da área georreferenciada e pontos de estudo lençol freático, área experimental cultivada com manga, DTCS/UNEB.....	24

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Leitura dos poços de monitoramento na subunidade aos 7 dias após instalação. Em que: SPLF – Sem a Presença de Lençol Freático.....	23
Tabela 2. Leitura dos poços de monitoramento na subunidade aos 15 dias após instalação. Em que: SPLF – Sem a Presença de Lençol Freático.....	23
Tabela 3: Valores de vazão (q) dos microaspersores, nas subunidades 1 e 2, área mangueira, DTCS/UNEB.	25
Tabela 4. Valores da pressão ao final de cada linha lateral, na 1ª e 2ª Subunidade, área mangueira, DTCS/UNEB.	26
Tabela 5. Quantidade de microaspersores funcionando, quebrado e parado nas 4 subunidade na área experimental de mangueira, DTCS/UNEB.....	27

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
4. CONCLUSÕES	29
5. REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

A região do Submédio do Vale do São Francisco (SVSF), com seu clima tropical semiárido, é marcada por níveis reduzidos de umidade, escassa precipitação pluviométrica e longas horas de luz solar, criando um ambiente altamente propício para o cultivo de frutas. Essa região emergiu como uma localidade de notável potencial agrícola. Isso se deve, em grande parte, às condições climáticas propícias, à qualidade do solo e à abundância de recursos hídricos. Entre as diversas culturas cultivadas nessa região, a manga ocupa uma posição de destaque, desempenhando um papel fundamental na economia local (Oliveira, 2018).

O SVSF continua a ser um dos principais polos de produção e exportação de mangas no Brasil, com área cultivada de 28 mil hectares, em 2019 (IBGE, 2020), principalmente com foco predominante nos municípios de Petrolina, em Pernambuco, e Juazeiro, na Bahia.

A região exibe uma média anual de precipitação de 475,00 mm, concentrada principalmente entre dezembro e março (considerada a quadra chuvosa), com menor incidência nos meses de maio a outubro. Apesar disso, a área registra uma alta taxa anual de evapotranspiração, atingindo em média 2.226,30 mm por ano, resultando na ausência de excedente hídrico e em uma deficiência hídrica total (Bagagim, 2017). Durante as chuvas de verão, a precipitação ocorre em um intervalo curto de tempo, com um volume significativo de água, o que pode resultar em excessos prejudiciais. O aumento do lençol freático a níveis indesejados pode ser causado pela combinação de vários fatores, incluindo a precipitação excessiva e o uso excessivo de irrigação, bem como a presença de camadas impermeáveis e/ou deficiências na drenagem do solo.

A irrigação tem sido um dos grandes destaques para aumentar a produção agrícola, principalmente no Submédio São Francisco, região semiárida, com significativas irregularidades pluviométricas, dando ênfase para o polo Juazeiro-Petrolina. O sistema de irrigação desempenha um papel crucial no fornecimento dos recursos necessários para o crescimento bem-sucedido de várias culturas. Sua relevância na agricultura está intrinsecamente ligada às interações entre as plantas, a água, as condições climáticas e o solo. Portanto, é essencial compreender profundamente essas relações para otimizar o

planejamento e a implementação dos sistemas de irrigação, visando a obtenção de uma maior produtividade e qualidade dos produtos agrícolas (Bispo et al., 2017).

A técnica de irrigação consiste na aplicação superficial da água no solo, sendo possível utilizar diversos sistemas, tais como irrigação por sulcos, gotejamento, microaspersão, pivô central, entre outros. No entanto, Carvalho e Oliveira (2012) destacam a importância do uso responsável da água, enfatizando a necessidade de aplicá-la de maneira racional em termos de quantidade e momento adequado para as plantas. Os sistemas de irrigação localizada desempenham um papel crucial no contexto agrícola brasileiro, sendo especialmente aplicados na fruticultura, horticultura e fertirrigação (Carvalho e Oliveira (2012)). Entre os diversos sistemas utilizados no cultivo de manga, destaca-se a microaspersão devido à sua eficiência na aplicação de água.

De acordo com Silva e Neves (2020), o gerenciamento da irrigação desempenha um papel de extrema importância na agricultura, pois envolve a aplicação precisa de água no momento e na quantidade ideais, de acordo com as necessidades hídricas específicas de cada cultura. Essas necessidades de água podem variar de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura. Portanto, o excesso de irrigação pode ser prejudicial para as plantas, uma vez que leva à saturação do solo, prejudicando a circulação de ar, aumentando a evaporação e favorecendo a salinização. Além disso, a lixiviação de nutrientes devido a esse excesso cria um ambiente propício ao desenvolvimento de doenças que podem causar danos às culturas (Cunha, 2019).

Dessa forma gestão eficiente da irrigação desempenha um papel vital na busca por uma agricultura sustentável e pela segurança alimentar em um mundo que enfrenta desafios climáticos cada vez mais complexos. Através do uso criterioso e responsável da água, o manejo eficiente da irrigação não apenas aumenta a produtividade das culturas, mas também preserva os recursos hídricos preciosos, reduz os custos para os agricultores e minimiza os impactos ambientais negativos. O manejo adequado da irrigação não deve ser visto como uma etapa isolada no processo de produção agrícola (Camargo, 2016). Pelo contrário, ele desempenha um papel fundamental que abrange tanto a eficiência no uso da água, promovendo a preservação do meio ambiente, quanto o compromisso com a produtividade das culturas cultivadas.

Para que a agricultura seja sustentável e produtiva, é necessário considerar diversos fatores, incluindo o manejo adequado do solo. Nesse contexto, os estudos de drenagem do solo desempenham um papel de extrema importância. Os benefícios primordiais da drenagem agrícola são diversos e abrangentes. Eles incluem a expansão de novas áreas para a produção agrícola, o aumento da produtividade nas áreas cultivadas, o gerenciamento eficaz da salinidade do solo, a reabilitação de solos previamente afetados pela salinização ou alcalinização e a promoção da saúde pública e animal (Mello, 2008).

A drenagem agrícola do solo visa a otimização das condições do solo para o crescimento saudável das culturas. É uma prática que envolve o controle do excesso de água no solo, seja ela proveniente de chuvas intensas ou de sistemas de irrigação. Ao direcionar adequadamente o fluxo de água, os estudos de drenagem permitem evitar problemas como o encharcamento, a compactação do solo e a erosão, que podem prejudicar o desenvolvimento das plantas. A drenagem desempenha um papel crucial no controle do lençol freático e na remoção da água de lixiviação, com o objetivo de prevenir a salinização do solo, especialmente em regiões Semiáridas.

Tanto o excesso quanto a escassez de água no solo podem causar problemas no desenvolvimento das plantas. Essas condições extremas desencadeiam modificações tanto na morfologia quanto na fisiologia das plantas. Essas alterações, por sua vez, afetam os níveis de hormônios vegetais, em particular o etileno e o ácido abscísico (Sharp, 2002).

O estresse gerado devido ao excesso de umidade no solo resulta na redução do nível de oxigênio disponível. Isso ocorre porque a água preenche os espaços porosos do solo, diminuindo a disponibilidade de oxigênio nesses locais e, conseqüentemente, restringindo ou interrompendo as trocas gasosas. Esse cenário pode levar a uma diminuição na produção da cultura, uma vez que sua sensibilidade a essa condição é variável, dependendo do estágio fenológico da planta e das condições climáticas vigentes (Carpiski et al., 2013; Souza et al., 2019).

A implementação da drenagem oferece a vantagem de aumentar o número de dias favoráveis anuais para a realização de operações agrícolas mecanizadas. Além disso, ela cria um ambiente propício para o desenvolvimento das raízes das culturas (Ferreira, 2003).

A condutividade hidráulica do solo é um parâmetro que reflete a capacidade de movimentação da água ao longo do perfil do solo. Sua determinação, especialmente no contexto do campo, é essencial, pois está diretamente relacionada com a produção das culturas agrícolas. É uma propriedade físico-hídrica fundamental que desempenha um papel importante no planejamento de sistemas de irrigação e orienta práticas de manejo do solo e dos recursos hídricos (Santo, 2011).

Sabe-se que em regiões Semiáridas, há períodos chuvosos e secos, as chuvas intensas ocasionam flutuações do lençol freático, que estão diretamente relacionadas à quantidade de recarga que ocorre ao longo do ano. Essas variações no lençol freático têm um impacto significativo nos processos de ascensão capilar da água na zona não saturada do solo, como discutido por Sousa (2013) e Sousa e Rodrigues (2014). Essa dinâmica do lençol freático pode resultar em excesso ou déficit de água disponível para as plantas, o que, por sua vez, desencadeia estresses que afetam o crescimento e a produtividade das culturas.

Existem diversos modelos de instrumentos empregados para monitorar o nível da água, como, por exemplo, o piezômetro, também conhecido como poço de observação do lençol. Esses dispositivos são inseridos no solo até atingir o lençol freático e são comumente utilizados para medir o nível da água, auxiliados por medidores de nível, como discutido por Bastos et al. em 2019. Geralmente, a altura do lençol freático ou da água é determinada com a ajuda de uma fita métrica.

A partir da determinação da profundidade do lençol freático (LF), é possível criar mapas de fluxo do lençol, também conhecidos como Isoypsas, que representam curvas de igual cota freática. Essas curvas indicam a direção do fluxo do lençol e são elaboradas subtraindo as cotas encontradas nos topos dos poços das cotas do lençol freático (Batista, et al., 2002).

Por outro lado, os mapas de isopropundidade (Isóbatas) são representações gráficas que mostram curvas de igual profundidade em relação à superfície do solo. Esses mapas oferecem informações valiosas sobre áreas que podem enfrentar problemas significativos de excesso de água, bem como até onde a rede de drenagem subterrânea pode ser estendida (Duarte et al., 2015). Uma abordagem comum para criar esses mapas é sobrepor as linhas de fluxo do lençol freático às cotas da superfície do solo. Ao conectar

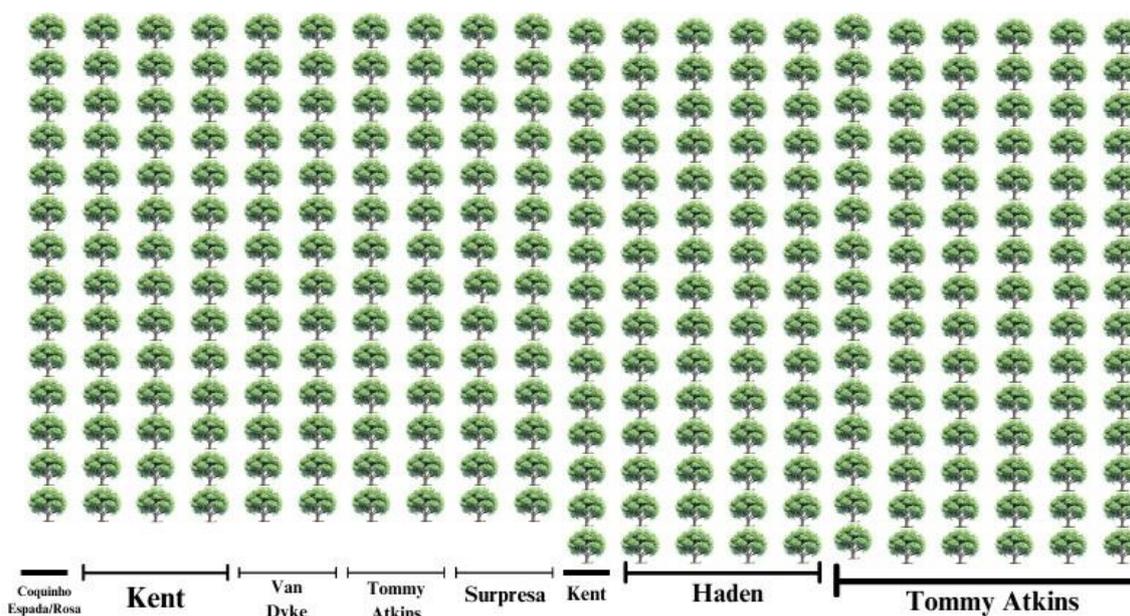
os pontos com as mesmas profundidades e realizar interpolações, é possível obter as isóbatas, que são linhas de igual profundidade do lençol em relação à superfície do solo. Esses mapas são particularmente cruciais para identificar áreas com problemas de drenagem subterrânea (Batista, et al., 2002).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi identificar os possíveis problemas de má drenabilidade numa área experimental do DTCS/UNEB cultivada com diferentes genótipos de mangueira (*Mangifera indica L.*).

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido numa área experimental cultivada com diferentes genótipos de mangueira (*Mangifera indica L.*), sendo eles: Coquinho, Espada/Rosa, Kent, Van Dyke, Tommy Atkins, Surpresa, Keit e Haden, com espaçamento de 6x8 m, com cerca de 30anos de idade, no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS, da Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Juazeiro-BA (Lat. 09° 24' 50" S; Long. 40° 30' 10" W; Alt. 368 m) (Figura 1 e 2).

Figura 1. Croqui da Área com seus Genótipos na Cultura da Mangueira Irrigada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 2. Imagem google maps da área de Mangueira Irrigada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O clima local é classificado como Bswh', conforme a categorização de Köppen, semiárido, evidenciando temperaturas máximas médias entre 29,3 a 33,9°C (SANTIAGO et al., 2021) e baixa umidade relativa do ar.

A estação seca ocorre de maio a outubro, enquanto a estação chuvosa compreende os meses de novembro a abril. A média anual de precipitação é aproximadamente 475,00 mm, enquanto a evapotranspiração potencial anual atinge 2.226,30 mm, de acordo com dados de Bagagim et al., (2010).

O solo foi classificado como Neossolo Flúvico e com textura areia franca.

O sistema de irrigação presente era localizado, por microaspersão, com 2 emissores por planta, com variações nas taxas de fluxo devido à heterogeneidade dos fabricantes. A irrigação era efetuada com turno de rega diário, de segunda-feira a sexta-feira, com tempo de irrigação fixo em cinco horas.

O local estudado tinha aproximadamente 1,5 hectares. Para o estudo de lençol freático, com finalidade de identificar possíveis problemas de drenagem, foram instalados poços de observação. Estes foram distribuídos na área, equidistantes (a cada 24 m), entre as plantas, em seis linhas, totalizando 36 poços.

Para a confecção do piezômetro (poços de observação), foram utilizados tubos de PVC rígido, com 50 mm de diâmetro nominal, PN40 e altura de dois metros. Realizaram-se perfurações laterais (ranhuras) de pequeno diâmetro (2 mm), até 5 cm ao longo do tubo, atingindo uma altura de 1,80 m, para permitir a saída e entrada de água do lençol. Em seguida, os tubos foram envolvidos com sacos de polipropileno e fixados com fita adesiva, a fim de evitar a entrada de sedimentos pelos orifícios perfurados.

Foram feitos furos simples no solo, de pequeno diâmetro (2”), com a utilização de trado manual de extensão de 1,8 metros. Detalhes da instalação dos poços podem ser visualizados na Figura 3.

Nas extremidades superiores dos tubos, foram inseridos conectores do tipo TAMPÃO (CAP), DN50, PN40, com o objetivo de evitar a entrada de água, insetos e/ou outros materiais indesejáveis, que pudessem alterar a verdadeira altura do lençol freático.

Figura 3. Detalhe do procedimento de envelopamento do tubo, tradagem, inserção e após finalização da instalação do poço de observação de lençol freático.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao redor do tubos de PVC, frequentemente observava-se uma folga entre ele e o solo, sendo indispensável preencher essa lacuna com o material escavado do solo circundante.

A definição da profundidade do lençol freático foi realizada por meio de uma régua milimétrica em cada poço, após a irrigação, aos 7 e 15 dias após a instalação dos piezômetros.

Para calcular a altura do lençol freático em relação à superfície do solo, subtraiu-se o valor da leitura da altura da tubulação que ficava exposta sob a superfície do solo. As leituras foram realizadas aos 7 e 15 dias após a instalação dos tubos.

Os poços foram georreferenciados, por meio de um sistema RTK GPS, com uma base e um receptor (Figura 4). Com essas informações em mãos, as profundidades do lençol freático foram recalculadas levando em consideração a média da elevação da superfície do solo.

Figura 4. Detalhe do georreferenciamento da área experimental de mangueira, base (A e B) e receptor (C), usado para coleta de dados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Adicionalmente, foi efetuada a avaliação do sistema de irrigação da área nas subunidades. Mediu-se a volume de água emitidos pelos microaspersores em uma unidade operacional, por meio de proveta, com capacidade de 2 L (Figura 5). O tempo de coleta foi fixado em um minuto, utilizando cronômetro. Posteriormente, por meio de regra de três os dados de volume de água coletado em um minuto foi convertido em vazão (Lh^{-1}).

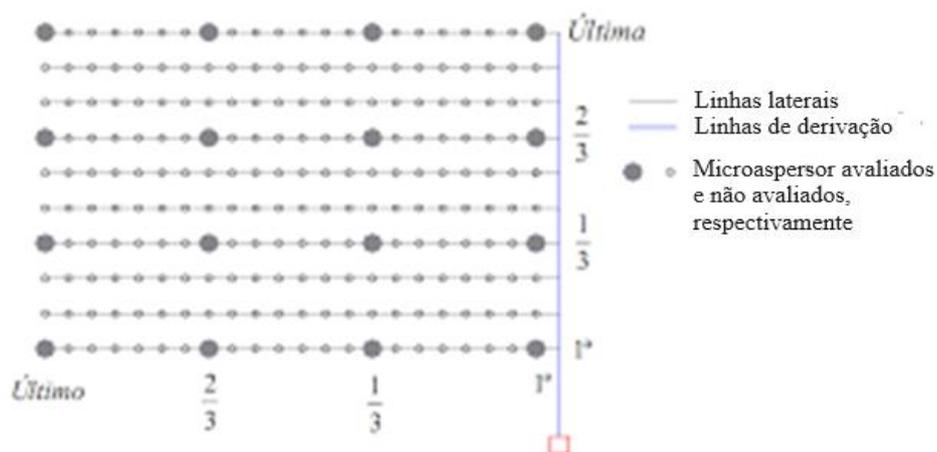
Figura 5. A) Procedimento de coleta de água para determinar a vazão. B) Detalhe da proveta, avaliação do sistema de microaspersão, área mangueira, DTCS/UNEB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A avaliação de coeficiente de uniformidade de Christiansen foi baseada na proposta de Keller e Karmeli (1975). Essa abordagem envolve a análise das quatro linhas de cultivo (primeira; a 1/3 da origem; a 2/3 da origem e última linha), e a avaliação de quatro emissores em cada linha (primeiro; a 1/3, a 2/3 e último emissor) conforme a Figura 6.

Figura 6. Esquema de metodologia baseada na proposta de Keller e Karmeli (1975).



Fonte: Adaptado de Keller e Karmeli (1975).

A partir dos dados coletados, foram calculados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC).

Para calcular o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) do sistema, adotou-se a metodologia proposta por Christiansen (1942), utilizando a Equação 1:

Eq.1:

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - Q|}{n Q} \right) \cdot 100$$

Em que:

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

Q_i = Vazão coletada na proveta, em L h⁻¹;

Q = Média das vazões coletadas, em L h⁻¹;

n = Número de coletores analisados.

A uniformidade de distribuição de água em uma subunidade de irrigação localizada foi avaliada por meio do Coeficiente de Uniformidade (CUD), seguindo a metodologia proposta por Merriam e Keller (1978).

O Serviço de Conservação do Solo (1968) propôs a equação para calcular o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), que leva em consideração a média dos 25% menores valores de precipitação em relação à média total. Assim, o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), fundamentado na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores (Merriam e Keller, 1978), é derivado da Equação 2:

Eq.2:

$$CUD = 100 \left[\frac{x_{25\%}}{x} \right]$$

Em que:

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em %;

$x_{25\%}$ - médias dos 25% menores valores coletados nos coletores, em l.h⁻¹;

x – média de todos os coletores, em l.h⁻¹.

Para avaliar a eficiência do sistema de irrigação, foi empregada a abordagem recomendada por Vermeiren e Jobling (1997) para sistemas localizados, conforme expresso na Equação 3.

$$\text{Eq.3:} \quad \text{EF: } 0.95 * \text{CUD}$$

Em que:

EF: Eficiência do sistema.

Todo o procedimento para calcular os coeficientes de uniformidade foi realizado utilizando o software Microsoft Excel 2016.

Também foram realizadas medições de pressão de serviço por meio de um manômetro conectado ao tubo de polietileno, final da linha lateral (1; 1/3; 2/3 e última linha), de cada subunidade (Figura 7).

Figura 7. Medição da pressão nos finais da linha lateral (1 linha, 1/3, 2/3 última linha), das subunidades de irrigação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Calcularam-se as médias de variação de pressão ao final das linhas laterais das subunidades, empregando a equação a seguir:

Eq.4:

$$\Delta P = \frac{P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}}}{P_{\text{máx}}} * 100$$

em que:

ΔP - variação de pressão, %;

$P_{\text{máx}}$ - valor máximo de pressão, kPa;

P_{mín} - valor mínimo de pressão, kPa.

Realizou-se uma inspeção abrangente em toda a área de mangueira irrigada por microaspersão, para avaliar a operacionalidade do sistema, identificando aqueles em pleno funcionamento, os completamente inativos e os danificados, mas que ainda apresentavam alguma forma de liberação de água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de profundidades freáticas da área experimental cultivada com mangueira, no DTCS, Campus III, na Universidade do Estado da Bahia -UNEB, podem ser visualizadas nas tabelas 1 e 2, aos 7 e 15 dias após instalação dos poços e Figura 8.

Tabela 1. Leitura dos poços de monitoramento na subunidade aos 7 dias após instalação.
Em que: SPLF – Sem a Presença de Lençol Freático.

P01	SPLF	P07	144 cm	P13	SPLF	P19	SPLF	P25	SPLF	P31	SPLF
P02	SPLF	P08	SPLF	P14	SPLF	P20	SPLF	P26	SPLF	P32	SPLF
P03	SPLF	P09	SPLF	P15	SPLF	P21	SPLF	P27	SPLF	P33	SPLF
P04	SPLF	P10	SPLF	P16	SPLF	P22	SPLF	P28	SPLF	P34	SPLF
P05	SPLF	P11	70 cm	P17	SPLF	P23	29 cm	P29	SPLF	P35	SPLF
P06	SPLF	P12	SPLF	P18	SPLF	P24	SPLF	P30	SPLF	P36	SPLF

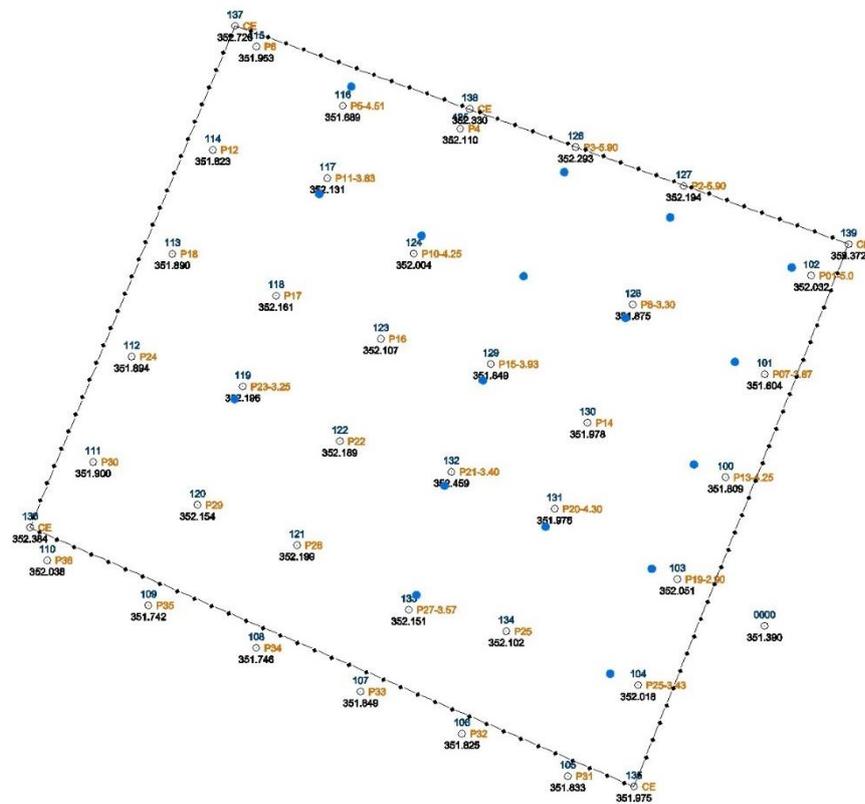
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tabela 2. Leitura dos poços de monitoramento na subunidade aos 15 dias após instalação.
Em que: SPLF – Sem a Presença de Lençol Freático.

P01	SPLF	P07	144 cm	P13	SPLF	P19	SPLF	P25	SPLF	P31	SPLF
P02	SPLF	P08	SPLF	P14	SPLF	P20	SPLF	P26	SPLF	P32	SPLF
P03	SPLF	P09	SPLF	P15	SPLF	P21	SPLF	P27	SPLF	P33	SPLF
P04	SPLF	P10	SPLF	P16	SPLF	P22	SPLF	P28	SPLF	P34	SPLF
P05	SPLF	P11	30 cm	P17	SPLF	P23	39 cm	P29	SPLF	P35	SPLF
P06	SPLF	P12	SPLF	P18	SPLF	P24	SPLF	P30	SPLF	P36	SPLF

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 8. Detalhe da área georreferenciada e pontos de estudo lençol freático, área experimental cultivada com manga, DTCS/UNEB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Imediatamente após as análises, constatou-se que houve a presença do lençol freático em três pontos distintos (P07, P11 e P23), com valores variando de 30 a 144 cm, em ambas as datas avaliadas. Esses valores de profundidade freática são superiores a ideal indicada para a cultura da mangueira, cultivar Keitt, ($p > 100\text{cm}$) de acordo Coelho et al., (2002), com isso pode impedir que a respiração, trocas gasosas, assimilação de água e de nutrientes, entre outros problemas, reduzindo o rendimento da cultura. Contudo, após 30 minutos, a água do lençol rebaixa. Efetuando uma observação na área, pôde-se identificar que a causa da água nos poços, se devia a problemas no sistema de irrigação, com estado crítico, evidenciando rompimento de tubulação das linhas de derivação e laterais, incluindo problemas como entupimento, rachaduras, microaspersores danificados e múltiplos pontos de perfuração na linhas laterais e microtubos.

A área experimental possuía duas linhas de derivação, originando quatro linhas laterais (subunidades), sendo que apenas metade da área estava sendo irrigada, a outra não funcionava por ruptura na linha de derivação. Diante desse cenário, os resultados da avaliação detalhada do sistema de irrigação e sua uniformidade de distribuição e eficiência estão disponíveis nas tabelas 3, 4 e 5.

De posse dos dados apresentados na Tabela 3 e equações 1-3, constatou-se que na 1ª Subunidade o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi de 58,81% e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) de 37% e a eficiência da aplicação (Ea) de 35,15% e na 2ª Subunidade, respectivamente 69,70%; 54,46% e 51,74%.

Tabela 3: Valores de vazão (q) dos microaspersores, nas subunidades 1 e 2, área mangueira, DTCS/UNEB.

EMISSOR POR LINHA	LINHA LATERAL DE DERIVAÇÃO 1ª SUBUNIDADE			
	1ª Linha q(Lh ⁻¹)	5ª Linha q(Lh ⁻¹)	10ª Linha q(Lh ⁻¹)	15ª Linha q(Lh ⁻¹)
1º Microaspersor	58,80	11,70	45,60	13,80
4º Microaspersor	42,00	81,60	27,60	12,00
8º Microaspersor	37,80	46,80	36,00	18,60
12º Microaspersor	55,20	34,80	42,00	16,20
Vazão média	48,45	43,75	37,80	15,15
EMISSOR POR LINHA	LINHA LATERAL DE DERIVAÇÃO 2ª SUBUNIDADE			
	1ª Linha q(Lh ⁻¹)	5ª Linha q(Lh ⁻¹)	10ª Linha q(Lh ⁻¹)	15ª Linha q(Lh ⁻¹)
1º Microaspersor	26,400	10,800	21,600	38,400
4º Microaspersor	33,000	57,000	32,200	70,800
8º Microaspersor	32,400	36,000	34,800	31,500
12º Microaspersor	52,800	26,400	42,000	18,000
Vazão média	36,150	32,550	32,400	39,675

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De acordo com as diretrizes propostas por Merriam e Keller (1978), a avaliação dos resultados permite categorizar o desempenho do sistema da seguinte maneira: o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) é considerada inaceitável, enquanto

o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) é classificada como ruim, conforme apontado por Mantovani (2001) e Frizzone et al. (2012).

Além disso, a eficiência do sistema, de acordo com Serviço de Conservação de Recursos Naturais – NRCS (1997), revela-se insatisfatória para sistemas de irrigação localizada do tipo microaspersão, uma vez que o valor considerado regular é igual ou superior a 70%.

É relevante destacar que a variação da vazão aplicada variou entre 11,70 e 81,60 L.h⁻¹.

Foram identificadas pressões baixas na 1ª e 2ª subunidades de irrigação, conforme evidenciado na Tabela 4, as quais foram inferiores as recomendadas pelos fabricantes para o sistema de microaspersão (entre 150 e 200 kPa). Possivelmente, devido a ruptura da tubulação derivação e a presença de rachaduras em linhas laterais e vazamentos, em especial nas fileiras 10 e 15.

Tabela 4. Valores da pressão ao final de cada linha lateral, na 1ª e 2ª Subunidade, área mangueira, DTCS/UNEB.

	1ª Subunidade	2ª Subunidade
LINHA	PRESSÃO (kPa)	PRESSÃO (kPa)
1ª	140	80
5ª	110	100
10ª	20	60
15ª	10	60

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Foi constatado um elevado índice de variação de pressão ao final das linhas laterais na 1ª Subunidade, atingindo a marca de 92,86%, e na 2ª Subunidade observou-se um índice de variação de pressão ao final das linhas laterais significativamente inferior, atingindo 40%. Vale ressaltar que, Keller e Karmeli (1975) preconizam que a variação de pressão ao final da linha lateral não deve ultrapassar 11%. Para um manejo de irrigação eficiente, é crucial estar ciente dos valores de CUD, CUC e eficiência, pois esses parâmetros têm impacto direto no volume de água aplicado e, por conseguinte, na sustentabilidade do sistema produtivo. Adicionalmente, os coeficientes de uniformidade desempenham um papel fundamental na orientação das decisões relacionadas à

manutenção do sistema de irrigação (Vasconcelos et al., 2021), que de acordo com a pesquisa efetuada na área experimental de manga, os valores foram indicativos de necessidade de manutenção e/ou troca do sistema de irrigação.

Segundo Keller e Bliesner (1990), conforme mencionado por Santos et al. (2015), o CUD é o coeficiente mais amplamente empregado na avaliação de sistemas de irrigação, devido à sua sensibilidade que permite detectar variações na distribuição de água. Ele é calculado pela razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada, facilitando a identificação das plantas que recebem a menor lâmina de irrigação. Valnir Junior et al. (2013) estabelecem que o valor mínimo aceitável para o CUC é de 90%. No entanto, eles também citam Mantovani et al. (2009), que consideram valores acima de 84% como adequados para sistemas de irrigação. Isso indica que os resultados identificados no estudo estão aquém do padrão exigido.

Foi conduzida uma inspeção ao longo de todas as linhas laterais nas subunidades do sistema de microaspersão da área experimental, para identificar o em funcionamento dos emissores, aqueles inativos e os danificados, bem como possíveis problemas, esses dados fornecem uma compreensão da condição atual do sistema de irrigação na área em questão e podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidade de microaspersores funcionando, quebrado e parado nas 4 subunidade na área experimental de mangueira, DTCS/UNEB.

MICROASPERORES	1ª Subunidade	2ª Subunidade	3ª Subunidade	4ª Subunidade
Funcionando	81	72	6	1
Parado	12	18	102	118
Quebrado	82	68	7	9
Total	175	158	115	128

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após examinar minuciosamente o estado atual do sistema de irrigação na área experimental, constatou-se uma significativa proporção de microaspersores danificados e mangueiras perfuradas ao longo das linhas laterais; evidenciando um considerável desperdício de água e desuniformidade do sistema de irrigação.

Além disso, uma grande porcentagem de microaspersores estava inoperante, sendo que mais de 90% estavam localizados nas subunidades 3 e 4. Nessas laterais, não

ocorria irrigação possivelmente devido ao problema ou de rachadura ou entupimento por intrusão de raízes, devendo ser melhor estudado e solucionado. Foi possível observar, ao longo da linha de derivação, o rompimento da tubulação, resultando em dois pontos nos quais o lençol freático se elevou a níveis próximos da superfície do solo (P11 E P23).

Aprimorar o desempenho e a eficiência de aplicação de um sistema de irrigação pode ser alcançado através da implementação de práticas de manejo, tais como a limpeza regular do sistema de filtragem, dos emissores e das linhas laterais, conforme destacado por Rodrigues et al., (2013).

4. CONCLUSÕES

Não foram identificados problemas relacionados à drenagem na área experimental cultivada com manga, pois o lençol freático presente nos poços de observação (P07, P11 E P23), foram resultado de danos nas linhas de derivação do sistema de irrigação atual.

Para compreender completamente a drenagem da área, é imperativo realizar uma análise detalhada da condutividade hidráulica, macroporosidade e análises em períodos de incidência de precipitações intensas.

Os coeficiente de uniformidade, de distribuição e a eficiência de aplicação do sistema de microaspersão da área experimental se mostraram consideravelmente inferiores aos recomendados na literatura, indicando necessidade de manutenção e/ou troca do sistema de irrigação.

A variação da pressão nas laterais da subunidades foram significativamente alta, que resultam em valores de variação de vazão maiores do que 20%, recomendado para sistema de irrigação localizada.

Recomenda-se a manutenção e ou troca do sistema de irrigação da área experimental da manga. Em indisponibilidade de recurso financeiro, pode-se especialmente realizar a abertura e limpeza de microaspersores mal posicionados; Regulagem e limpeza de todos os bocais dos microaspersores que estiverem sujos e/ou entupidos; Troca dos microaspersores quebrados; Limpeza e troca da tubulação da linha de derivação e de laterais, onde identificados os problemas.

O monitoramento contínuo do lençol freático é essencial para garantir a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável da agricultura. Investimentos em pesquisa, tecnologia e educação são necessários para promover uma abordagem integrada de gestão dos recursos hídricos, que leve em consideração as necessidades tanto da produção agrícola quanto da conservação ambiental.

5. REFERÊNCIAS

- BAGAGIM, J. B. C. PEREIRA, W. de B. SOUSA, J. S. C. de. SANTOS, M. E. P. dos. MOURA, M. S. B. de. **Balanço hídrico climatológico normal para a estação agrometeorológica de Mandacaru localizada em Juazeiro-BA.** In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 20; Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação No Semiárido Brasileiro, 5., Juazeiro, BA, 2017.
- BASTOS, A. S. MONTEIRO, M. T. F. FERREIRA, S. J. F. OLIVEIRA, R. C. CANDIDO, L. A. ALMEIDA, C. N. MIRANDA, S. A. F. VILLAMIZAR, E. A. R. SILVA, M. S. R. **Análise da variabilidade do nível do lençol freático em período de anomalia climática numa floresta nativa na Amazônia central, Manaus-AM.** XVIII simpósio brasileiro de recursos hídricos, Foz do Iguaçu, PR, 24 a 25 de novembro de 2019.
- BATISTA, M. J.; NOVAES, F. D; SANTOS, D. G. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos.** 2ª ed., rev. e ampliada. 216 p. Brasília: Codevasf, 2002.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C. **Manual de irrigação**, edição: 8ª. Editora: UFV, 2ª reimpressão. Viçosa, MG, 2009, 625p.
- BISPO, R. C.; FLORES, D. S; SANTOS, V. N. H. B.; VENTURA, K. M.; QUEIROZ, S. O. P. **Manejo de irrigação para cultivo de pimentão em ambiente protegido.** IV INOVAGRI International Meeting, Botucatu, SP. 2017.
- CAMARGO, D. C. **Manejo da Irrigação: como, quando e quanto irrigar?** Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016.
- CARPISKI, M.; SANTOS, R. F.; PRIMIERI, C.; SILVEIRA, L.; BASSEGIO, D.; TOMASSONI, F.; NAKAI, E. H. **Sensibilidade do crambe (*Crambe abyssinica*) a variação de nível de lençol freático.** Acta Iguazu, v. 2, n. 4, p. 36- 45, 2013.
- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada.** Viçosa, MG: UFV, 2012. 68 e 239 p.
- COELHO, E. F. OLIVEIRA, F. C. NASCIMENTO, C. J. A. VASCONCELOS, L. F. L. ARAÚJO, E. C. E. **A cultura da manga sob diferentes regimes de profundidades do**

lençol freático em condições subúmidas. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 096-100, abril 2002.

CORDEIRO, G. G. **Monitoramento do lençol freático de áreas irrigadas.** EMBRAPA, Instruções Técnica, ISSN 1415-5095. Petrolina, dezembro, 2000.

CUNHA, M. M. **Desenvolvimento de um sistema embarcado para realização de manejo de irrigação.** Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão / SE, 2019.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling.** Berkely: Universit of California, 1942.124p.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura.** 4ª Edição. São Paulo: Nobel, 1987
CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental E.P. São Paulo, Estudo Preliminar, 1987.

DE ROSSI, E. et al. **Profundidade do lençol freático no cultivo de canola.** Holos, ano 31, v. 6, p. 131 - 136, 2015. DOI 10.15628/holos.2015.1861.

DUARTE, S. N. SILVA, Ê. F. F. MIRANDA, J. H. MEDEIROS, J. F. COSTA, R. N. T. GHEYI H. R. **Fundamentos de drenagem agrícola.** 1. ed. FORTALEZA-CE: Instituto nacional de ciências e tecnologias em salinidade, 2015. 356 p.

FERREIRA, P. A. **Drenagem de terras agrícolas.** In: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior: ABEAS, Brasília, 2003. 210p.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.D.; REZENDE, R.; FARIA, M.D. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão.** Maringá: Eduem, 2012.

GILSON, et al. **Predição teórica da contaminação por agrotóxicos nos recursos hídricos de realeza, Paraná".** Biodiversidade, v. to, n. 2, 17 maio 2020.

IBGE. **Produção agrícola municipal – PAM.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020.

KELLER e BLIESNER (1990). In: SANTOS, M. A. L., SANTOS, D. P., SILVA, D. S., SANTOS SILVA, M., CAVALCANTE, P. H. S. **Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (Dioscoreacayennensis L.).** Revista Ciência Agrícola, Ciência Agrícola, Rio Largo, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2015.

- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684. 1975.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.
- MELO, MATHEUS HENRIQUE BEZERRA DE. **Análise do balanço hídrico climatológico para a bacia hidrográfica do Rio São Francisco**. Orientador: Dr. Jonathan Mota da Silva. 2022. 38 p. TCC (Bacharel em Meteorologia) - Departamento de Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, NATAL/RN, 2022.
- MELLO, J. L. P. **Drenagem Agrícola**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia. Agosto, 2008.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan; Utah State University, 1978, 271p.
- NIERO, R. Z. **Acompanhamento do nível freático e determinação da condutividade hídrica do solo na fazenda experimental da ressacada**. CCA – UFSC, Florianópolis, SC. TCC. Novembro 2011.
- NRCS. **Estimation of Direct Runoff from Storm Raifall**. In: Hydrology. National EngineeringHandbooks. National Resources Conservation Service. USDA, Washington, USA, 1997.Part 630.Cap. 10 79p.
- OLIVEIRA, C. G. D. **Análise da produção da manga no Vale do São Francisco**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – campus Petrolina Zona Rural, 2018.
- PESSOA, M. C. P. Y.; Chaim, A.; Gomes, M. A. F.; Silva, A. S.; Soares, J. M. **Simulação de aldicarb e tebuthiuron movimento em solos sob cultivos de banana e cana-de-açúcar no semi-árido brasileiro**. Revista brasileira engenharia agrícola. ambiental. v.7, n.2, p. 297-302, 2003.

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G. DE; REIS, E. F. DOS. **Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro.** *Ambiência Guarapuava (PR)*. 2013, 9, 2, 323-334.

SANTO A. F. E. **Condutividade hidráulica saturada em função do tipo e uso do solo e método de determinação.** Dissertação de mestrado submetida à faculdade de agronomia e medicina veterinária, Universidade de Brasília, 2011.

SÁ, M. M. F. **Estudo da profundidade do lençol freático em áreas com diferentes usos do solo utilizando Georadar.** Orientador: MÁRCIO ROCHA FRANCELENO. 2007. 30 p. Monografia (Título de Engenheiro Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

SAMPAIO, B. É. O.; CASSUNDÉ, F. de S. A.; CASSUNDÉ JUNIOR, N. F. **Mangicultura e vale das frutas: quais as contribuições científicas da engenharia de produção?** *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR)*, v. 10, p. 9-32, 2017. DOI 10.17765/2176- 9168.2017v10nEd.esp.p9-32.

SANTIAGO, E. J. P.; SILVA, F. G.; SILVA, A. S. A.; CANTALICE, J. R. B.; FILHO, M. C.; AGUIAR, J. D. A. **Adequação de Modelos Probabilísticos à Evapotranspiração de Referência no Submédio do Vale do São Francisco.** *Irriga, Botucatu*, v. 1, p. 144 – 154, 2021.

SHARP, R. E. **Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress.** *Plant Cell Environment, Columbia*, v. 25, n. 2, p. 211-222, 2002.

SILVA, S. N. D.; NEVES, E. D. **Importância do manejo da irrigação.** *Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO*, v.17 n.34; p. 271, 2020.

SILVA, D. J. EMBRAPA: **Circular Técnica on-line.** Dezembro de 2012.

SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C. **O cultivo da manga no Brasil e no semi-árido nordestino: A importância econômica e social da mangueira na região semiárida.** 2004.

SOIL CONSERVATION SERVICE. **National Engineering Handbook.** Washington: Sprinkler Irrigation, Section 15, Chapter 11. 1968, 83p.

SOUSA, F. A. de; RODRIGUES, S. C. **Estimativa de recarga do lençol freático em solos sobre granito e gabros alcalinos na alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Ambiência Guarapuava (PR), v. 10, ed. 2, p. 449 - 463, Mai/Ago 2014.

SOUSA, F. A. de. **A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva: um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do rio dos Bois em Iporá-GO.** 2013. 207 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, 2013.

SOUZA, C.A.; ARAÚJO, B.A.; ROLIM, T.W.R.; TORRES, M.B.; SILVA, A.O. **Produção de rúcula em função da profundidade do lençol freático.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. v.13 (5), p. 3656 – 3661, 2019.

VALNIR JUNIOR, M. CARVALHO, C. M., SANTOS NETO, A. M., SOARES, J. I., LIMA, S. C. R. V., CARVALHO, M. A. R. **Análise de desempenho em laboratório de linha gotejadora antes e após sua utilização em campo.** DOI: 10.7127/rbai.v5n400068. REVISTA BRASILEIRA DE AGRICULTURA IRRIGADA-RBAI, v. 5, n. 4, 2013

VASCONCELOS, I. L. S., FERRAZ, E. X. L., SÁ, C. A. S., SANTOS, R. E., NASCIMENTO, A. H. C., LIRA, R. M. **Avaliação do sistema de irrigação por microaspersão na cultura da mangueira.** Convibra, 2021.

VERMEIREN, G.A., JOBLING, G.A. **Irrigação localizada.** Campina Grande: UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 36).