

João Evandro da Fonseca Filho

FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA ÁGUA DE DUAS CULTIVARES DO RABANETE

Versão Final

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para o grau de bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Oliveira.

Montes Claros

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA ÁGUA DE DUAS CULTIVARES DO RABANETE

João Evandro da Fonseca Filho

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para o grau de bacharel em
Engenharia Agrícola e Ambiental.

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr.a Irene Menegali

Prof. Dr. Luiz Henrique de Souza

Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Oliveira.

Montes Claros, 01 de fevereiro de 2022

*Aos meus pais, que sempre me inspiraram a
batalhar pelas minhas conquistas.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por interceder por mim durante todos os momentos nessa jornada.

Aos meus pais, João Evandro e Elisangela Janine, por me ensinarem a lutar pelos meus objetivos, por serem a base da minha educação e serem exemplos de dedicação e honestidade.

Ao meu irmão, André Vinícius, por ter me ajudado de várias formas todos esses anos, e minha irmã, Ane Gabriele, por ser minha companheira em Montes Claros.

Aos meus primos, Ana Clara e Josué, pela amizade dentro e fora da universidade.

À todos os meus amigos, por compartilharem bons e maus momentos ao longo destes anos.

Aos meus amigos de turma, que foram quem mais estiveram comigo durante este percurso, os quais compartilhamos conhecimento, frustrações e boas risadas.

Ao meu professor e orientador Flávio Gonçalves, pelos ensinamentos, pela paciência e por contribuir no meu desenvolvimento profissional.

Aos integrantes do grupo de estudos GEMISA, que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho. Em especial à Paula, pela colaboração.

Aos professores, pelo auxílio e dedicação ao longo destes cinco anos.

Ao Instituto de Ciências Agrárias, pelo ensino e estrutura de qualidade, permitindo meu desenvolvimento pessoal e profissional. À FUMP pelo auxílio prestado, essencial na minha permanência no curso.

À todos aqueles que contribuíram para a consolidação deste momento.

RESUMO

O rabanete é uma cultura bastante sensível no que diz respeito a demanda por água. O estresse hídrico durante seu ciclo pode afetar o desenvolvimento vegetativo, assim como a irrigação realizada em excesso, além de promover alto consumo de água, o torna susceptível ao ataque de doenças, tornando-o inapropriado ou com baixo valor para comercialização. Outro ponto a ser considerado é com relação à demanda crescente por alimentos em uma época que as questões ambientais estão cada vez mais aparente, evidenciando a necessidade de uma produção mais sustentável. Portanto, diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da produtividade de duas variedades de rabanete: Rabanete Vip Crimson Seleção Especial (V1) e Rabanete Saxa (V2), cultivadas em microlisímetros de drenagem, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, determinadas por meio da evapotranspiração da cultura. Foi utilizado um delineamento em blocos inteiramente casualizado em sistema fatorial, com 32 unidades amostrais. A evapotranspiração da cultura foi calculada por meio dos dados da estação meteorológica do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG e pelo coeficiente de cultivo (kc) da cultura. A partir dos resultados observados, concluiu-se que as lâminas de 130,8% e 110,2%, proporcionaram uma maior produtividade de massa fresca, e as lâminas de 106,7% e 112,9% produziram uma maior quantidade de massa seca, para as variedades 1 e 2 respectivamente. Não houve diferença significativa entre as variedades para a produção de massa fresca nas lâminas de irrigação avaliadas.

Palavras-chave: *Raphanus sativus*. Produtividade. Manejo de Irrigação. Economia de Água.

ABSTRACT

Radish is a very sensitive crop when it comes to water demand. Water stress during its cycle and irrigation carried out in excess can affect its vegetative development. In addition to increasing the water consumption, it makes the radishes susceptible to disease attack, making it inappropriate or of low value for commercialization. Another point to be considered is the growing demand for food at a time when environmental issues are increasingly apparent, highlighting the need for more sustainable production. However, this work aimed to evaluate the production of the dry and wet matter of two radish crops: Radish Vip Crimson Special Selection (V1) and Radish Saxa (V2), submitted to different irrigation depths obtained through the percentage of the crop evapotranspiration. A completely randomized block design in a factorial system with 32 sampling units was used. Crop evapotranspiration was obtained using data from the meteorological station of the Institute of Agricultural Sciences at UFMG and the crop coefficient (k_c) of the crop. Our results show that the 130.8% and 110.2% blades offer better productivity of wet matter, and 106.7% and 112.9% blades generate higher amounts of dry matter for varieties 1 and 2, respectively. There was no significant difference between the varieties regarding the production of wet matter within the range of irrigation blades investigated.

Keywords: *Raphanus sativus*. Productivity. Irrigation management. Water-saving.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Microlisímetros preparados para o plantio.....	21
Figura 2 – Estação meteorológica.....	22
Figura 3 – Condução do Experimento.....	23
Figura 4 – Produtividade de massa fresca da raiz do rabanete obtida para cada lâmina de irrigação, V1 (Rabanete Vip Crimson Seleção Especial) e V2 (Rabanete Saxa).....	25
Figura 5 – Produtividade de massa seca da raiz do rabanete obtida para cada lâmina de irrigação, V1 (Rabanete Vip Crimson Seleção Especial) e V2 (Rabanete Saxa).....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para os dados de massa fresca das variedades 1 e 2 de rabanete, cultivadas sob diferentes lâminas de irrigação.24

Tabela 2 - Resumo da análise de regressão para os dados de matéria fresca obtidos sob diferentes lâminas de irrigação.24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

FAO – Food And Agriculture Organization

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	11
2 – OBJETIVOS.....	12
2.1 – Objetivo Geral.....	12
2.2 – Objetivo Específico.....	12
3 - REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 – Agricultura Irrigada.....	12
3.2 – Irrigação de Olerícolas	13
3.3 – Manejo de Irrigação	14
3.4 – Evapotranspiração	14
3.5 - Coeficiente de Cultivo	16
3.6 - Lisímetros	16
3.7 Olericultura	17
3.8 - Cultivo de Rabanete.....	18
3.9 - Lâmina ótima	19
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	20
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6 - CONCLUSÃO	26
7 – REFERÊNCIAS	27

1 – INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem se intensificado a discussão sobre a necessidade de preservar os recursos naturais, sobretudo os recursos hídricos. O conceito de produção sustentável ganhou destaque nas temáticas atuais em virtude das aparentes mudanças climáticas. Além disso, o crescimento contínuo da população mundial traz preocupações relacionadas ao aumento da demanda por alimentos, promovendo uma maior exploração do meio ambiente devido a necessidade de expansão da produção agrícola.

A falta de água já se tornou realidade em grandes regiões do mundo, deixando evidente as consequências trazidas pela sua falta. Entretanto, também se tem bons exemplos de gerenciamento de água de grande eficiência. Assim, a adoção de práticas que possam diminuir as perdas e aumentar a eficiência de seu uso, principalmente na agricultura, se tornou a opção viável para manter o abastecimento de alimentos e a preservação dos recursos hídricos. Neste quesito o uso das tecnologias existentes, em conjunto com o conhecimento da relação planta-solo-clima, se destaca pelos resultados que podem trazer.

Neste cenário, a agricultura irrigada dividiu opiniões, visto que é um dos setores mais demandantes do uso da água e é responsável por manter a estabilidade de oferta de alimentos no planeta. Com a utilização desta técnica é possível aumentar a produção quase 2,5 vezes em relação aos alimentos produzidos em área de sequeiro (PAULINO et al., 2011), diminuindo a necessidade de exploração de terras para agricultura e a sazonalidade de produção causada pela variabilidade temporal das chuvas. Autores como Braga (2017) discorrem das consequências trazidas para sociedade se a irrigação deixasse de ser usada.

No que diz respeito ao aumento da eficiência do uso da água na agricultura, a determinação da lâmina de irrigação com base na evapotranspiração tem sido amplamente empregada, principalmente se tratando de agricultura de precisão. No entanto, para algumas culturas, pesquisas relacionadas com este tema ainda são escassas, visto que as condições climáticas interferem na resposta da cultura a água.

Entre os cultivares utilizados na agricultura, o grupo das hortaliças são um dos mais exigentes quanto a demanda hídrica, sendo impossível obter bons resultados sem o uso da irrigação. Um exemplo deste grupo que ainda se tem poucos estudos relacionados a exigência por água é o rabanete, principalmente nas condições de clima semi-árido. Embora no Brasil seja uma cultura pouco explorada dentro das olerícolas, possui grande potencial diante das vantagens da sua produção. Entre as características deste cultivo a sensibilidade as variações de umidade no solo é a que mais prejudica a sua produtividade. De forma geral, as irrigações são

realizadas em excesso, assim, a avaliação da demanda hídrica desta planta é uma forma de diminuir o desperdício de água na irrigação. Com o estudo do consumo de água do rabanete também é possível maximizar a produção em função de sua resposta à água, de maneira a obter uma maior produtividade a uma lâmina de água específica. Além disso, pode-se determinar, em condições de escassez hídrica, a quantidade de água que promoverá uma redução na produtividade, mas que permitirá que a cultura complete seu ciclo vegetativo.

2 – OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

Avaliar a resposta da produtividade de duas variedades de rabanete, cultivadas em microlisímetros de drenagem, submetidas a diferentes lâminas de irrigação determinadas por meio da evapotranspiração da cultura.

2.2 – Objetivo Específico

- Avaliar a produção de matéria seca e úmida dos cultivares: Rabanete Vip Crimson Seleção Especial e Rabanete Saxa;
- Determinar a lâmina ótima de irrigação, em função da produtividade, para cada cultivar, dada em porcentagem de evapotranspiração da cultura, nas condições climáticas de Montes Claros-MG;
- Comparar a resposta de cada cultivar à lâmina de água aplicada.

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 – Agricultura Irrigada

De acordo com Ferreira (2011) irrigação pode ser definida com um método artificial onde o objetivo é suprir a demanda hídrica total ou suplementar de uma determinada cultura na falta de chuva. Segundo o mesmo autor esta técnica milenar proporcionou o desenvolvimento de civilizações em locais de climas secos e áridos, os quais não seriam possíveis produzir alimento sem a agricultura irrigada.

No Brasil o uso da irrigação é realizado desde o século XIX com a ocupação de áreas de várzeas, e depois expandida para outras regiões, com expressivo crescimento a partir da década de 1980, viabilizada pela criação de políticas públicas e programas governamentais (BRAGA, 2017). Segundo o censo agropecuário de 2017, naquele ano a área irrigada no país compreendia as dimensões de 6,7 milhões de hectares, correspondendo um aumento de 48% em relação ao censo de 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

A irrigação desempenha um papel cada vez mais importante no que diz respeito a segurança alimentar, tornando viável a escala de produção de alimentos, qualidade e padrões nutricionais. Quando comparada com a agricultura de sequeiro, a produção não fica susceptível as variações climáticas e nem dependente do período de chuvas, além de promover o aumento da produtividade e estabilidade, possibilitando produzir em qualquer época do ano (RODRIGUES et al., 2017). A agricultura irrigada representava apenas 20% de toda a área cultivada no planeta em 2017, porém, contribui com mais de 40% de todos os alimentos, fibras e culturas biogénicas produzidas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2017).

Segundo dados da FAO (2020), este setor era responsável pelo uso cerca de 70% dentro de todos os usos consultivos da água. Assim, torna-se fundamental a adoção de mecanismos que favoreçam o aumento da eficiência de irrigação, sem que a produtividade das culturas seja afetada (SOUZA et al., 2011).

3.2 – Irrigação de Olerícolas

O uso de irrigação corresponde a um dos fatores mais importante para o sucesso da produção de olerícolas. Cerca de 90% é realizada por aspersão, devido as condições de topografia, solo e diferentes métodos de produção. Deve-se considerar também que um dimensionamento adequado, um manejo eficiente e qualidade de água empregada são parâmetros determinantes para o sucesso da lavoura, onde é necessário avaliar cada situação específica para a escolha do método de irrigação adequado (MAROUELLI et al., 2008).

A importância da irrigação para olericultura está associada à sua elevada exigência de água. Este elemento corresponde mais de 90% do peso de massa fresca da parte utilizável da grande maioria das hortaliças. De forma geral, a irrigação deve manter o teor de água no solo entre 70 e 100%, porém a exigência hídrica varia de espécie para espécie e com o estágio de desenvolvimento da planta (FILGUEIRA, 2007).

3.3 – Manejo de Irrigação

O conceito de manejo de irrigação é bastante complexo, e abrange tanto o que diz respeito ao manejo da água como também o equipamento de irrigação. O objetivo desta técnica é adequar a quantidade de água a ser aplicada, bem como o momento de aplicação, a fim de obter máxima eficiência em tais processos, proporcionando o aumento da produtividade da cultura e promovendo a conservação do meio ambiente com o uso eficiente da água (CAMARGO, 2020). Segundo a mesma autora o uso da irrigação de maneira ineficiente também proporciona o alto custo de energia para acionamento dos equipamentos e lixiviação dos nutrientes presentes nas camadas mais superficiais do solo para as mais profundas, considerando que a aplicação de água é realizada em excesso.

Alysson et al., (2021a), com relação ao manejo incorreto de irrigação, também cita problemas com a salinização do solo, aplicação deficitária de água na cultura e baixa uniformidade de irrigação, resultando no desperdício de insumos e diminuição da produtividade, além de reduzir a viabilidade econômica. Para ele o manejo de irrigação não engloba somente quando e quanto irrigar, mas uma série de atributos, entre eles a obtenção de pessoas treinadas envolvidas no sistema de produção irrigada, análise e aferição constante dos equipamentos de aplicação de água, gerenciamento dos custos de irrigação e redução dos mesmos, minimização dos impactos ambientais, e análise dos resultados obtidos com o uso desta técnica.

O manejo de irrigação com relação ao gerenciamento de água pode ser efetuado por meio de indicativo relacionados ao solo, planta, clima ou ainda com associação de ambos. O controle de irrigação realizado via planta envolve alta complexidade para ser executado, envolvendo calibrações e equipamento tecnológicos e de alto custo, além de serem poucos sensíveis nas variações de teor de água. O manejo de irrigação via solo é o mais amplamente utilizado devido à capacidade de determinar o momento e a quantidade da irrigação, no entanto, requer o uso de calibração e está sujeito a variabilidade espacial do solo. Em relação ao manejo de realizado via clima é ainda mais utilizado pela simplicidade de execução, este método utiliza variáveis relacionada ao clima e a cultura, entre os equipamentos utilizados pode-se citar os lisímetros, estações meteorológicas e tanques classe A (CONCEIÇÃO, 2016).

3.4 – Evapotranspiração

A evapotranspiração é um dos parâmetros utilizados para otimização de sistemas de irrigação. Essa variável é definida como a quantidade de água transferida por evaporação e transpiração para a atmosfera, pelo solo e pela planta respectivamente, durante um intervalo de tempo (CAMARGO; CAMARGO, 2000). É considerada uma variável fundamental para o desenvolvimento de práticas que possa diminuir o consumo de água. Estudos relacionados com a evapotranspiração são realizados desde a antiguidade, entretanto, segundo Sedyama (1996), somente em 1948, com os trabalhos realizados por Warren Thornthwaite e Howard Penman, a comunidade científica conseguiu avanços nas áreas da agricultura, hidrologia e climatologia. Estes autores são usados como referência atualmente por serem pioneiros nos estudos da relação solo, água e atmosfera.

A evapotranspiração pode ser considerada um elemento meteorológico oposto a chuva, representando a quantidade de água a ser repostada para a cultura. É uma variável dependente de vários elementos climáticos, como radiação solar, temperatura, vento e umidade relativa do ar. Fatores relacionados à planta e ao manejo do solo também interferem em sua determinação, entre eles a espécie da cultura, estágio de desenvolvimento, altura da planta, profundidade das raízes, orientação do plantio, espaçamento entre indivíduos e tipo de solo (CAMPOS et al., 2008; FERNANDES et al., 2010; PEREIRA et al., 2007).

Há vários métodos para determinar a evapotranspiração potencial e devido às características individuais de cada cultivo, desenvolveu-se a evapotranspiração potencial para uma cultura de referência (ET_o). Definida como a evapotranspiração de uma superfície com uma cultura hipotética em fase de crescimento ativo com altura fixa de 0,12 m, resistência superficial de 70 s m⁻¹ e albedo de 0,23 (SMITH, 1991).

A FAO recomenda o uso da equação de Penman-Monteith (PM-FAO 56) como método padrão para determinar a ET_o (ALLEN et al., 1998). Esse método utiliza variáveis climáticas, como temperatura e radiação, que incorpora aspectos termodinâmico e aerodinâmico da cultura (SOUZA et al., 2010). Possibilitando seu uso em qualquer ambiente sem a necessidade de uma calibração. Entretanto, Turco (2019) chama atenção para a necessidade de utilizar dados meteorológicos com integridade e qualidade na sua estimativa, de modo a obter resultados consistentes e aplicar um manejo de irrigação adequado.

O uso da equação de Penman-Monteith (PM-FAO 56) permite determinar com precisão a ET_o para o manejo de irrigação, todavia, a demanda de uma grande quantidade de dados meteorológicos, faz necessário a utilização de estações meteorológicas automáticas de precisão, que frequentemente não estão disponíveis para uso, tornando um desafio a utilização deste método em muitas situações. Como alternativa há possibilidade de usar equações mais simples,

entre elas a equação de Hargreaves-Samani, que utiliza uma quantidade menor de dados comparado com a equação padrão. Contudo, existe a necessidade de usá-la em locais com características climáticas e agronômicas semelhantes com as quais foram concebidas, ou calibra-las para as condições ambientais, como uma forma de garantir a qualidade dos resultados (CAMPOS et al., 2008; TURCO, 2019; VENÂNCIO et al., 2019).

3.5 - Coeficiente de Cultivo

Outra variável necessária para determinar a demanda por água é o coeficiente de cultivo (K_c). Segundo Allen et al., (1998), esta variável incorpora características da cultura, do seu estágio de desenvolvimento e efeitos da evaporação do solo no cálculo de evapotranspiração. Entretanto, considera condições padrões destes elementos, desconsiderando efeitos inerentes a salinidade do solo e da água, densidade da cultura, ataque de pragas e doenças, presença de ervas daninhas e condições de fertilidade do solo. A partir do produto da E_{To} pelo K_c é possível estimar a demanda hídrica, definida como evapotranspiração potencial da cultura (E_{Tpc}) (ALVES et al., 2017). Existe coeficiente de cultivo já determinado para algumas culturas e para cada estágio de desenvolvimento, como os valores publicados pela FAO (ALLEN et al., 1998). Entretanto, os valores encontrados na literatura estão sujeitos a variações, visto que foram determinados para culturas que estejam em desenvolvimento ativo, sem deficiência hídrica e/ou nutricional, além disso, são válidos para as condições climáticas de onde foram desenvolvidos e qualquer alteração destes parâmetros fará necessário introduzir as devidas correções (ALYSSON et al., 2021a).

Quanto mais sensível a planta ao déficit de água e maior for a demanda evapotranspirométrica do local de cultivo, maior será o K_c exigido (BERNARDO et al., 2006). Para Alves et al., (2017), o grande problema do manejo de irrigação utilizando este método, está na obtenção de K_c 's que representem as condições ambientais locais, o que impossibilita um manejo eficiente sem o uso de calibração dos K_c 's existentes.

3.6 - Lisímetros

Outra forma de obter a demanda hídrica de uma cultura é por meio de lisímetros. De acordo com Carvalho et al., (2006), são instrumentos de medida direta da evapotranspiração. Com o uso destes equipamentos é possível controlar todas as entradas e saídas de água do sistema planta-solo (CARVALHO et al., 2007). Os lisímetros são classificados em duas grandes

categorias, pesáveis e não pesáveis, dependendo de como são realizadas as medições de variação da água no solo (ABOUKHALED et al., 1982). O lisímetro de percolação ou de drenagem (não pesáveis), a mudança na quantidade de água armazenada no solo e na planta é determinada por meio da precipitação, lâmina aplicada e pelo volume percolado. Allen et al., (2011) chamam atenção para as restrições do uso dos lisímetros, segundo eles, estes equipamentos são muito sensíveis a diversos fatores, dos quais muitas vezes são ignorados na prática, além de serem medidas pontuais, que, no entanto, são extrapoladas para grandes áreas, trazendo consequências significativas quanto a qualidade e representatividade de resultados.

O tipo de lisímetro a ser empregado, assim como o tamanho e forma de montagem, está relacionado com a finalidade que será dado ao dispositivo. Na área de pesquisa, suas variações na construção estão relacionadas principalmente com o objetivo do trabalho e custo de construção. Vale ressaltar que este equipamento possui restrições quanto a sua precisão e tempo de obtenção de dados, intervalos de medições menores que 15 minutos são impraticáveis. Quando as medições realizadas com este equipamento diferem das obtidas por meio da equação padrão é um indício que os lisímetros não estão representando as condições do ambiente em estudo (SILVA et al., 1999).

3.7 Olericultura

A olericultura é um termo técnico-científico usado para designar o cultivo de espécies cujas as folhas, raízes, caules, flores e frutos são consumidos sem a necessidade de processamento pela indústria. De maneira geral, é uma classificação estrita e difícil de ser realizada em virtude da quantidade de espécies que são incluídas neste ramo da agricultura, desta forma, o termo horticultura é mais utilizado para tratar o cultivo destas espécies, por englobar uma grande quantidade de culturas (ANDRIOLO, 2002).

A horticultura, termo que engloba a olericultura, dentre as suas características mais marcante, pode citar o cultivo de caráter intensivo, no que diz respeito à utilização do solo, aos tratamentos culturais, à mão-de-obra e aos insumos agrícolas: sementes, defensivos e adubos químicos. Esses insumos são empregados em quantias elevadas por área cultivada. Todavia, possibilita altas rendas líquidas devido ao alto valor agregado dos produtos (CEARÁ, 2022).

Um dos fatores que afetam a oferta de hortaliças no mercado é as condições climáticas, nem todas as espécies podem ser cultivadas nas quatro estações do ano, condições de temperatura e umidade são as que mais afetam a produção, sendo um dos principais desafios para os produtores manter a estabilidade de produção ao longo do ano. Devido a essas

características o desenvolvimento de cultivo protegido foi uma das alternativas encontradas para diminuir a influência climática (ANDRIOLO, 2020).

De acordo com dados fornecidos pela FAO, cerca de 89 milhões de hectares em todo o mundo são destinados ao cultivo destas espécies. No contexto do Brasil, segundo um relatório, referente a 2016, apresentado pelo Ministério da Agricultura, a área cultivada no país foi aproximadamente 837 mil hectares, enquanto a produção foi em torno de 63 milhões de toneladas (BRANDÃO FILHO et al., 2018).

3.8 - Cultivo de Rabanete

O rabanete (*Raphanus sativus*), pertencente à família Brassicáceas, desenvolve-se melhor no plantio outono inverno, com a colheita 25-35 dias após a semeadura (FILGUEIRA, 2007). Essa planta expressa maior potencial quando cultivada em clima ameno (15° a 20°C). O solo deve ser bem preparado, destorroado, livre de pedras e restos de raízes, dado que são favoráveis a solos de textura leve (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS, 2020). Por ser intolerante ao transplante, o plantio deve ser realizado no canteiro definitivo em sulcos de 10-15 mm e o desbaste é feito quando as mudas atingem 5cm de altura, deixando-as distanciadas de 8-10 cm (FILGUEIRA, 2007).

Esta espécie se caracteriza pela sensibilidade às variações de umidade do solo. De acordo com Azevedo (2008), flutuações da umidade ocasiona distúrbios fisiológicos na menor falta ou excesso de água. É necessário manter a umidade próximo a 100% durante todo o seu ciclo vegetativo (PEREIRA et al., 1999), no entanto, geralmente a irrigação é realizada em excesso. Para que os níveis de produção sejam os melhores é necessário considerar fatores fisiológicos, climáticos e irrigação adequada no momento do planejamento do cultivo (MATOS et al., 2020).

Em relação ao desenvolvimento das hortaliças em geral, associados a necessidade hídrica, é possível dividir o manejo de irrigação em quatro fases distintas: fase I (inicial) - do plantio até a emergência das plântulas ou no caso de mudas, do transplante até o pegamento; fase II (vegetativa) – do final da fase I até 80 % do máximo desenvolvimento vegetativo (plena floração); Fase III (produção) - do final da fase II até o início da maturação ou da pré-colheita; fase IV (maturação) - do final da fase III até a colheita (MAROUELLI et al., 2008). A partir da distinção destas fases de manejo, determinação do coeficiente de cultivo e a evapotranspiração de referência é possível definir a irrigação necessária. Os valores de Kc para o rabanete, fornecidos pela FAO (ALLEN et al., 1998), são divididos em três fases principais: corresponde

a 0,7 para fase inicial, 0,9 para fase intermediária e 0,85 para a fase final. Entretanto, segundo os mesmos autores, estes valores devem ser calibrados para as condições climáticas diferentes das quais foram concebidos.

Considerando o cenário brasileiro o rabanete, embora apresente boa viabilidade econômica, possui pequena importância em termos de área cultivada (SILVA et al., 2020). No entanto, apresenta um potencial econômico crescente, é uma das culturas de ciclos mais curtos entre as hortaliças, o que favorece sua associação entre culturas de ciclos mais longos (MATOS et al., 2020). Segundo dados do Censo agropecuário brasileiro de 2017, publicados pelo IBGE (2017), dos 336.195 estabelecimentos agropecuários produtores de horticultura, 6038 eram produtores de rabanete, produzindo uma quantidade de 8031 toneladas desta hortaliça, somando um valor de produção de R\$13,9 milhões.

3.9 - Lâmina ótima

De acordo com Noronha (1984) a função de produção pode ser definida como uma relação física entre a quantidade de insumos utilizadas para conseguir obter uma determinada produtividade, a uma dada tecnologia. Assim, a função de produção auxilia na tomada de decisão, de modo a alcançar uma maior produção por menor custo em determinadas condições de clima, solo, irrigação e adubação (BARROS et al., 2002).

Nas diversas condições climáticas, em regiões áridas e também em regiões úmidas, principalmente onde há uma escassez de água, a otimização da produção depende da utilização racional dos recursos hídricos (PAZ et al., 2002). Além disso, dos fatores que afetam a produção, a disponibilidade de água e de fertilizantes são aqueles que, frequentemente, limitam a produtividade das culturas (TAGLIAFERRE, 2013). Desta forma, estudos econômicos relacionados como o planejamento de irrigação, realizados com base na função de resposta da cultura à água, consolida-se como elemento básico para análise do comportamento produtivo com a frequência de irrigação (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001). Portanto, o objetivo é maximizar a produtividade por unidade de volume de água aplicada, neste caso, o aumento da eficiência técnica pressupõe produzir o máximo com menor uso deste insumo (FIGUEIREDO et al., 2008). De acordo com Alysso et al., (2021b), quando a produção é relacionada com a lâmina total aplicada, a função água-cultura é normalmente representada por um modelo polinomial de segundo grau, da forma:

$$Y = a + bW + cW^2 \quad (1)$$

Onde:

Y se refere à produtividade (kg/ha ou t/ha);

W à lâmina total aplicada (mm);

a, b e c são os coeficientes de ajuste.

Vale salientar que o manejo ótimo de irrigação pode advir sob um foco econômico, tal forma que a lâmina aplicada deva maximizar a receita líquida por unidade de área, além de maximizar os lucros e minimizar os custos, que não são normalmente considerados no manejo tradicional da irrigação (RAMOS et al., 2012). Segundo Figueiredo et al., (2008), dependendo da escassez de cada recurso, pode-se obter o máximo retorno econômico por unidade de área cultivada ou por unidade de volume de água utilizada. Conseqüentemente, a otimização do ponto de vista econômico, fica sujeito ao insumo limitante.

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no mês de setembro, na área do grupo de estudos GEMISA do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada na cidade de Montes Claros - MG. O local possui as coordenadas geográficas 16°40'49.85" S, 43°50'22.19" O e altitude de 630 m. Segundo a classificação de Köppen o clima é Aw (tropical quente com inverno seco), com pluviosidade média anual de 1029 mm e temperatura média anual de 24,2 °C.

O experimento foi disposto em blocos inteiramente casualizados em sistema fatorial 4 x 2 com quatro lâminas diferentes de irrigação e duas variedades de rabanete, com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Foram utilizadas as variedades: Rabanete Vip Crimson Seleção Especial (V1) e Rabanete Saxa (V2).

A cultura foi implantada em microlisímetro de drenagem com área circular de 0,28 m² e profundidade de 0,3 m, cada microlisímetro corresponde a uma unidade amostral sendo dispostos em bancadas de 0,5 m de altura sem a utilização de bordaduras. No fundo de cada microlisímetro foi colocado uma camada de 5 cm de mistura de areia e brita, para facilitar a drenagem da água percolada.

O solo utilizado foi retirado no próprio local de instalação do experimento. Inicialmente, deixou-se saturado com água durante um período de 24 h. Em seguida, todos os drenos dos microlisímetros foram abertos para que o solo atingisse a capacidade de campo. Foi incorporado no solo 50 g/m² de adubo superfosfato simples e esterco bovino como corretivo, além de uma adubação de cobertura de 7 g/m² com ureia, seguindo as recomendações de Filgueira (2007)

para solos de baixa fertilidade. Diariamente foi fornecido uma lâmina de irrigação correspondente a evapotranspiração do dia anterior. A Figura 1 a seguir mostra os microlisímetros antes do plantio.

Figura 1 – Microlisímetros preparados para o plantio.

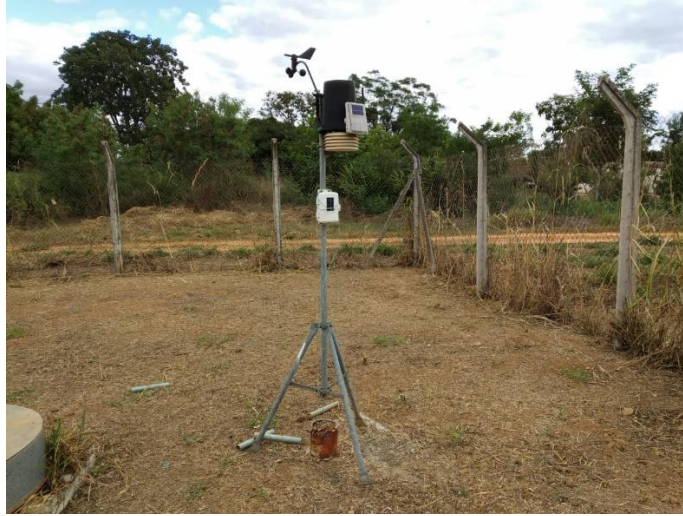


Fonte: próprio autor, 2021.

Uma semana após a adubação foi realizado a semeadura à 1 cm de profundidade. A germinação iniciou-se após 3 dias, diante das condições de temperatura. O desbaste foi realizado quando as plantas atingiram 5 cm de altura, deixando 5 indivíduos por unidade experimental, a uma distância de 8 cm uma da outra, selecionando as mais vigorosas. Nesta fase inicial foi feita uma irrigação com mais frequência, devido à sensibilidade das plântulas ao déficit de água. A diferenciação das lâminas de irrigação de cada tratamento foi iniciada no 7º dia após a data de plantio.

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio da estação meteorológica da universidade. Fornecendo valores a cada 30 min referentes ao dia anterior à aplicação da lâmina de água. A Figura 2 a seguir mostra a estação meteorológica utilizada no experimento.

Figura 2 – Estação meteorológica.



Fonte: próprio autor, 2021.

Os dados foram inseridos em uma planilha do programa Excel e após um pré-processamento, a ET_o foi determinada pela equação de Penman-Monteith:

$$ET_o = \frac{0,408 * \Delta * (Rn - G) + \gamma * \frac{900}{T + 273} * U_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0,34 * U_2)} \quad (2)$$

Sendo:

ET_o = evapotranspiração de referência, em $mm.d^{-1}$;

Rn = saldo de radiação à superfície, em $MJ.m^2.d^{-1}$;

G = fluxo de calor no solo, em $MJ.m^2.d^{-1}$;

T = temperatura do ar a 2 m de altura, em $^{\circ}C$;

U_2 = velocidade do vento à altura de 2 m, em $m.s^{-1}$;

e_s = pressão de saturação de vapor; KPa;

e_a = pressão de vapor atual do ar. Em KPa;

$e_s - e_a$ = déficit de pressão de vapor, em KPa;

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em $KPa.^{\circ}C^{-1}$;

γ = constante psicométrica, em $KPa.^{\circ}C^{-1}$.

As lâminas de irrigação utilizadas correspondem à 70%, 90%, 110% e 130% da Evapotranspiração da Cultura (ET_c), determinada a partir do produto da ET_o e do coeficiente de Cultivo (K_c). A intensidade pluviométrica registrada pela estação meteorológica também foi subtraída do volume total de água a ser aplicado. A lâmina foi sempre aposta no horário de 07 h às 08 h depois da drenagem dos lisímetros. O K_c utilizado foi alterado em cada estágio da

planta. Na fase vegetativa usou-se o coeficiente de cultivo 0,7 e posteriormente 0,8. Na fase de desenvolvimento do tubérculo o Kc usado foi 0,9. Finalmente, na fase de maturação utilizou-se o Kc igual a 1. Os coeficientes de cultivo utilizados foram definidos tomando como referência os valores publicados por Allen et al., (1998). A Figura 3 a seguir mostra a condução do experimento.

Figura 3 – Condução do Experimento semanalmente.



1) 1º semana; 2) 2º semana; 3) 3º semana.

Fonte: próprio autor, 2021.

A colheita foi realizada 30 dias após a semeadura. Para a cultura do rabanete a parte vegetativa de interesse comercial é a raiz tuberosa que esta espécie produz. Desta forma, mediu-se a massa da raiz separadamente da parte aérea de cada parcela, sendo devidamente identificada e levada para estufa a 70 °C, até atingir massa constante seguindo a metodologia de Marcos Filho & Kikuti (2006). Finalmente, após a secagem, foi medido novamente a massa individual das parcelas com balança analítica (precisão de 0,01 g).

Os resultados de massa seca e fresca da raiz foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os testes estatísticos foram realizados usando o software Rstudio e o Microsoft Office Excel (2016). A análise de variância foi realizada por meio do Teste F. Para determinação da lâmina ótima, será determinado a função de resposta da produtividade em relação à lâmina de água aplicada, para cada variedade utilizada, por meio da análise de regressão.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados do teste F. Os testes foram realizados a 5% de probabilidade.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para os dados de massa fresca das variedades 1 e 2 de rabanete, cultivadas sob diferentes lâminas de irrigação.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio	Teste F
Variedade (v)	1	761,963	0,988 ^{ns}
Lâmina (L)	3	6865,927	8,903*
Interação (VxL)	3	1166,414	1,513 ^{ns}
Bloco	3	933,124	1,210 ^{ns}
Resíduo	21	771,1547	
Total	31	1414,600	

CV% = 20,60%

* significativo a 5% pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F; GL - Grau de liberdade.

Fonte: do autor, 2021.

Por meio da Tabela 1 constata-se que o uso de blocos não foi significativo. Não há diferença significativa entre a quantidade de massa fresca obtida para V1 e V2, desta forma, entre estas variedades não há uma que melhor se adapta à região em termos de produção de massa fresca. A interação variedade e lâmina de irrigação não produziram efeitos significativos no parâmetro estudado. Apenas o fator irrigação diferiu estatisticamente, o que demonstra que a irrigação utilizada em cada tratamento interferiu na produção de massa fresca.

A Tabela 2 apresenta a análise de variância efetuada para estudo da regressão. Pelo teste F obteve-se que a regressão linear e quadrática foi significativa a 5% de probabilidade. Por meio deste teste, o modelo de regressão que melhor se adéqua para este estudo é a quadrática.

Tabela 2 – Resumo da análise de regressão para os dados de matéria fresca obtidos sob diferentes lâminas de irrigação.

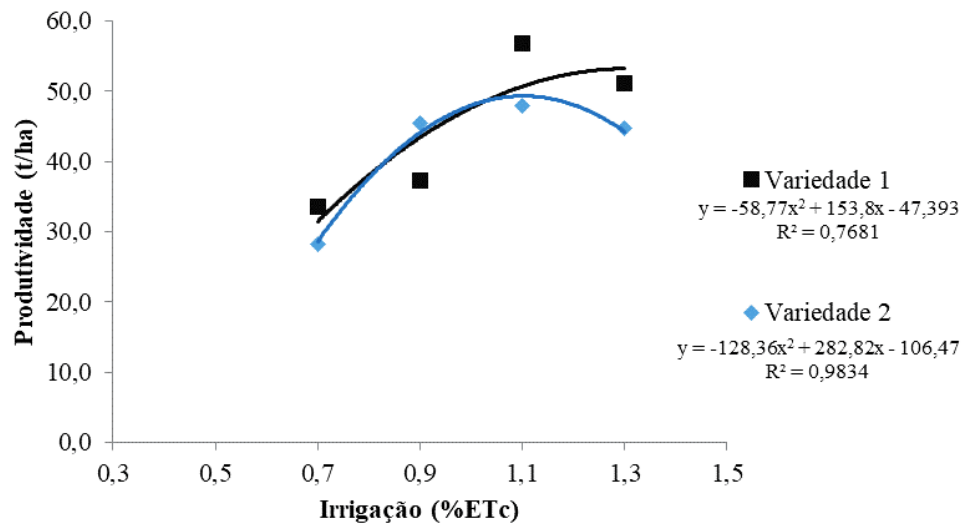
fator de variação	GL	Q.M	Teste F
Regressão linear	1	15192,26	19,70*
Regressão quadrática	1	4376,97	5,6759*
Regressão cúbica	1	1028,55	1,33 ^{ns}
Resíduo	21	771,15	
Tratamento	7	3551,28	
Total	31		

* significativo a 5% pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F; GL - Grau de liberdade.

Fonte: do autor, 2021.

Na Figura 4 é mostrado as projeções da produção de massa fresca da raiz, obtidas a partir dos valores médios das repetições para cada lâmina de irrigação aplicada.

Figura 4 – Produtividade de massa fresca da raiz do rabanete obtida para cada lâmina de irrigação, V1 (Rabanete Vip Crimson Seleção Especial) e V2 (Rabanete Saxa).

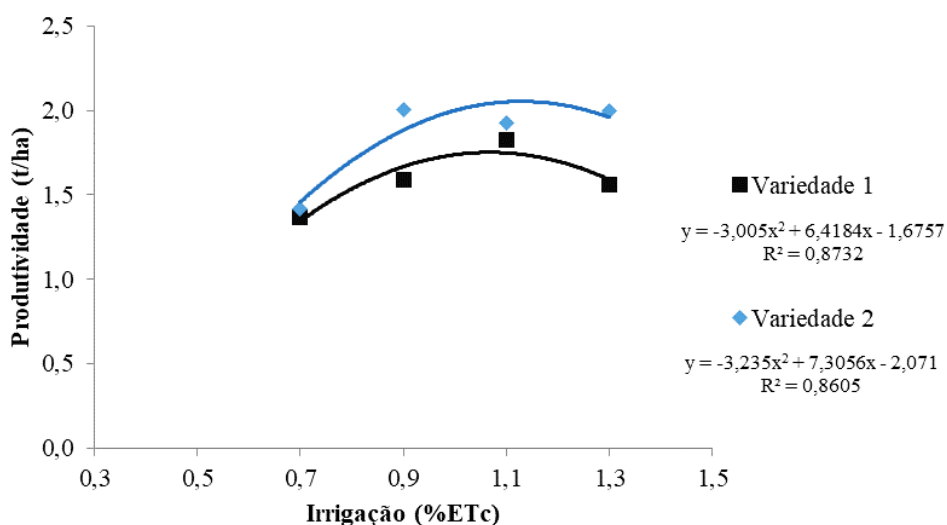


Fonte: do autor, 2021.

Analisando o gráfico da Figura 4, por meio da equação de cada variedade, determinou o valor da lâmina de irrigação que proporcionará uma máxima produtividade (lâmina ótima), cujo valor para V1 foi 130,8% da ETc. No caso de V2, a lâmina ótima de irrigação foi 110,2% da ETc. Tais resultados podem estar inter-relacionados com diversos fatores, no entanto, suprir a demanda hídrica da cultura, com a menor variação da umidade do solo, podem ser as principais causas para ter alcançado tais valores. Para Alysson et al., (2021b) a aplicação de água em quantidade insuficiente para atender à necessidade hídrica da planta, ocasiona baixos níveis de produtividade, entretanto, a aplicação em excesso, favorece a lixiviação de nutrientes, mantém o solo com baixa aeração, e compromete a qualidade e a produtividade dos cultivos.

A Figura 5 apresenta as projeções da produção de rabanete determinadas a partir dos valores médios de massa seca, obtidas no experimento, para cada lâmina de irrigação aplicada.

Figura 5 – Produtividade de massa seca da raiz do rabanete obtida para cada lâmina de irrigação, V1 (Rabanete Vip Crimson Seleção Especial) e V2 (Rabanete Saxa).



Fonte: do autor, 2021.

De forma análoga por meio do gráfico da Figura 5, pode-se determinar o valor da lâmina ótima para produção de matéria seca. Para a V1, uma irrigação com 106,7% da ETc irá resultar em uma maior produção em quilogramas por hectare. Enquanto para a V2, a lâmina ótima de irrigação foi de 112,9% da ETc.

Os resultados obtidos de produção em kg/ha foram determinados considerando uma população de 400.000 plantas, adotando um espaçamento recomendado por Figueira (2007) de 25 cm entre linhas e 10 cm entre plantas.

Araújo et al., (2019) avaliando a produção de rabanete sob diferentes lâminas de irrigação e diferentes tipos de cobertura do solo, obtiveram que a produtividade aumentou linearmente com o acréscimo na irrigação, atingindo o maior valor com a lâmina equivalente a 150% da ETo.

Lacerda et al., (2017) ao avaliarem o desenvolvimento, as características morfológicas e a produtividade do rabanete submetido a diferentes lâminas de irrigação na fase de produção da cultura, também na cidade de Montes Claros, concluíram que as lâminas de irrigação (100% e 125% ETo) proporcionaram uma maior massa da raiz tuberosa do rabanete, uma vez que estas não diferiram estatisticamente.

6 - CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos as lâminas de irrigação com 130,8% e 110,2% da evapotranspiração da cultura proporcionaram uma maior produtividade de massa fresca da raiz, considerando a variedade 1 (Rabanete Vip Crimson Seleção Especial) e variedade 2 (Rabanete Saxa) respectivamente.

As lâminas de irrigação de 106,7% para o Rabanete Vip Crimson Seleção Especial e 112,9% para o Rabanete Saxa resultou em uma maior produção de massa seca.

Não há diferença significativa entre o Rabanete Vip Crimson Seleção Especial e o Rabanete Saxa para a produção de massa fresca dentro das lâminas de irrigação avaliadas.

7 – REFERÊNCIAS

- ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. Lysimeters. Rome: FAO, 1982. 68 p. **Irrigation and Drainage Paper**, v. 39.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RODRIGUES, B. H. N. Estratégias Ótimas de Irrigação para a Cultura da Melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 301-305, 2001.
- ANDRIOLO, J. L.. **Olericultura geral**. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia-Editora UFSM, 2020.
- ANDRIOLO, J. L.. **Olericultura Geral: princípios e técnicas**. Brasil, Editora UFSM, 2002.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; HOWELL, T.A.; JENSEN, M.E. Evapotranspiration Information Reporting: I. Factors Governing Measurement Accuracy. **Agricultural Water Management**, v.98, p.899-920, 2011a.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Rome: **FAO**, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES, E. da S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; DOS SANTOS, D. P.; DOS SANTOS, M. A. L. Determinação do Coeficiente de Cultivo para a Cultura do Rabanete Através de Lisimetria de Drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- ALYSSON, P.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, E. C. (Org). Diferentes Abordagens Sobre Agricultura Irrigada no Brasil: Técnica e Cultura. Piracicaba: **ESALQ-USP**, 2021a. 642p.
- ALYSSON, P.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, E. C. (Org). Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: História, Política Pública, Economia e Recurso Hídrico Piracicaba: **ESALQ-USP**, 2021b. 574p.

- ARAÚJO F. M. L.; RODRIGUES, A. M. G.; FERNANDES, C. N. V.; SOBREIRA, A. E. A.; ALVES, J. L. S.; SILVA, A. R. A. Cultivo de Rabanete Sobre Diferentes Lâminas de Irrigação e Cobertura do Solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13 (02), 3327-3335, 2019.
- ABCSEM. Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. **Manual Técnico para Cultivo de Hortaliças**. 4. ed. Capinas: ABCSEM, 2020. 135 p.
- AZEVEDO, L.de P.. **Uso de Dois Espaçamentos Entre Gotejadores na Mesma Linha Lateral e Seus Efeitos Sobre a Formação do Bulbo Molhado, Produtividade e Qualidade de Rabanete (*Raphanus sativus* L.)**. 2008. 60f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, BOTUCATU. 2008.
- BARROS, V. da S.; COSTA, R. N. T.; DE AGUIAR, J. V. Função de Produção da Cultura do Melão para Níveis de Água e Adubação Nitrogenada no Vale do Curu-CE. Fortaleza, **Irriga**, v. 7, n. 2, p. 98-105, 2002.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Ufv, 2006. 625 p.
- BRAGA, Marcos Brandão. A sustentabilidade da irrigação no Brasil. **Embrapa Hortaliças- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017.
- BRANDÃO FILHO, J. U. T.; DE FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. (Organizadores). Hortaliças-fruto. **Editora da Universidade Estadual de Maringá**, Maringá.2018.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma Revisão Analítica da Evapotranspiração Potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- CAMARGO, Débora Costa. Manejo da Irrigação: quando, quanto e como irrigar. 2020.
- CAMPOS, João HB da C. et al. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 12, p. 150-156, 2008.
- CARVALHO, L. G. de; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de Referência: uma Abordagem Atual de Diferentes Métodos de Estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Lavras, v. 41, n. 3, p.456-465, set. 2011.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CRUZ, F. A.; SOUZA, A. P. Instalação, Calibração e Funcionamento de um Lisímetro de Pesagem. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 363-372, 2007.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da Evapotranspiração de Referência na Região de Seropédica-RJ, Utilizando Lisímetro de Pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p.108-116, 2006.

- Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2017
- CEARÁ (Estado). Secretaria do Planejamento e Gestão. **Curso de agronegócios: olericultura**. Disponível em: < http://licita.seplag.ce.gov.br/pub/198956%5C198956_2013123113428_olericultura.pdf> acesso em 16 de janeiro de 2022.
- CONTINI, E.; ARAÚJO, J. D. de; GARRIDO, W. E. (Org). Planejamento da Propriedade Agrícola: Modelos de Decisão. **EMBRAPA**, Brasília, 289 p. 1984.
- CONCEIÇÃO, Chaiane Guerra da et al. Análise do crescimento e produtividade econômica do feijoeiro irrigado na região de Alegrete, RS. 2016.
- CUNHA, F. F.; SOUZA, I. P. de; CAMPOS, W. de O.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. de; MAGALHÃES, T. A. Agronomic Performance of Radish Genotypes Under Different Irrigation Depths. Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, J39: 182-190, 2019.
- DA SILVA MATOS, Raissa Rachel Salustriano et al. A CULTURA DO RABANETE E A IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO: UMA REVISÃO. **A CULTURA DO RABANETE E A IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO: UMA REVISÃO**, p. 1-388–416.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. Crop water requirement. **FAO Irrigation and Drainag. Rome: FAO**, 1977. 144p. (Paper 24)
- DA SILVA, Fabiano Chaves; FOLEGATTI, Marcos Vinícius; MAGGIOTTO, Selma Regina. ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DE UM LISÍMETRO DE PESAGEM COM CÉLULA DE CARGA.
- FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche Para a Estimativa da Evapotranspiração de Referência em Uberaba, MG. Campina Grande, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 270-276, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2007. 421 p.
- FIGUEIREDO, M. G. de; PITELLI, M. M.; FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R. Lâmina Ótima de Irrigação para o Feijoeiro Considerando Restrição de Terra e Aversão ao Risco. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, p. 593-598, 2007.
- FIGUEIREDO, M. G. de; FRIZZONE, J. A.; PITELLI, M. M.; REZENDE; R. Lâmina Ótima de Irrigação do Feijoeiro, com Restrição de Água, em Função do Nível de Aversão ao Risco do Produtor. Maringá, **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2008.
- FERREIRA, Valber Mendes. Irrigação e drenagem. **Floriano, PI: EDUFPI**, p. 15, 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil:**

- Identificação de áreas prioritárias. Brasília, n.1, 243p., 2017.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **World Agriculture: Towards 2015/2030**, Roma, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-y4252e.pdf>. Acesso em: 02 abril. 2022.
- KÍVIA, C. da C.; FLORIANO, A. D.; DANILO, S. S.; ALLYNE, H. P. B.; JULIANNA, C. da S.; MÁRCIO, A. L. dos S. Resposta do Rabanete (*Raphanus sativus*) às Lâminas de Água e Doses de Nitrogênio. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 1, 2020.
- LACERDA, V. R. Características Morfológicas e Produtivas do Rabanete sob Diferentes Lâminas de Irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.11, n.º.1, p. 1127 -1134, 2017. DOI: 10.7127/rbai.v11n100513
- LAMBERT, R. A.; BARRO, L. S.; CARMO, K. S. G.; OLIVEIRA, A. M. S. BORGES, A. A. Mulching é uma Opção para o Aumento de Produtividade da Melancia. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 53-57, 2017.
- LIMA JUNIOR, J. C., ARRAES, F. D., DE OLIVEIRA, J. B., NASCIMENTO, A. L., & DE MACÊDO, K. G. Parametrização da Equação de Hargreaves e Samani para Estimativa da Evapotranspiração de Referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 447-454, 2016.
- MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P. Vigor de Sementes de Rabanete e Desempenho de Plantas em Campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.44-51, 2006.
- MARQUELLI, Waldir A.; SILVA, WL de C.; DA SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- MINAMI, K.; CARDOSO, A.I.I.; COSTA, F.; DUARTE, F.R. 1998. Efeito do Espaçamento Sobre a Produção em Rabanete. **Bragantia**, v. 57, p. 169-173.
- PAZ, V. P. da S.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FOLEGATTI, M. V. Otimização do Uso da Água em Sistemas de Irrigação por Aspersão. Campina Grande, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 404-408, 2002.
- PEREIRA, A. J.; BLANK, A. F.; SOUZA, R. J. de; OLIVEIRA, P. M. de; LIMA, L. A. Efeito dos Níveis de Reposição e Frequência de Irrigação Sobre a Produção e Qualidade do Rabanete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, p. 117-120, 1999.
- RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MARQUELLI, W. A. Estratégias Ótimas de Irrigação do Feijão-caupi para Produção de Grãos Verdes. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 576-583, 2012.

- SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil1. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 195-212, 2018.
- SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1996.
- SILVA, E. M. B., Fernandes, G. B., de Souza Alves, R. D., Castañon, T. H. F. M., & da Silva, T. J. A. Adubação mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete/Mineral, organic and organomineral fertilization in rabanet culture. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 23300-23318, 2020
- SOUZA, A. P. de; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B. da; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. de. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. Maringá, **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 15-22, 2011.
- SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. da; SABINO, F. G.; A. NETO, A. de O.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. de. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 633-644, 2010.
- SMITH, M. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. Rome: FAO. 1991. 45 p.
- SOARES, W. R.; GILBERTO C. S.; ARISTIDES, R.; E JOSÉ, M. N. da C. Dependência do coeficiente de cultura no estágio inicial de desenvolvimento (K_c ini) à lâmina de irrigação e textura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2001.
- RODRIGUES, Lineu Neiva; DOMINGUES, F. D.; CHRISTOFIDIS, Demetrios. Agricultura irrigada e produção sustentável de alimento. **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. 1ed. Fortaleza: INOVAGRI**, v. 1, p. 21-108, 2017.
- TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. da C.; SANTOS NETO, I. J. dos; ROCHA, F. A.; PAULA, A. de. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. Viçosa, **Revista Ceres**, v. 60, p. 242-248, 2013.
- VENANCIO, Luan P. et al. Penman-Monteith with missing data and Hargreaves-Samani for ETo estimation in Espírito Santo state, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 153-159, 2019.
- TURCO, J. E. P. Estimativa da evapotranspiração de referência com precisão. **Revista Engenharia na Agricultura**, V.27, n.2, p.132-141, Viçosa –MG, 2019.

YU, W. et al. Can Water Productivity Improvements Save Us from Global Water Scarcity. **A White Paper. Rome: FAO, 2021.**