

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
METEOROLOGIA**



TESE DE DOUTORADO

Sílvia Maria Dantas

**Respostas da Produtividade de Berinjela Sob Condições Climáticas
no Semiárido do Nordeste**

Campina Grande, Agosto de 2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



TESE

**RESPOSTAS DA PRODUTIVIDADE DE BERINJELA SOB
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE**

SÍLVIA MARIA DANTAS

Doutoranda

PROF. DR. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA

Orientador

Campina Grande-PB

Agosto de 2024

SÍLVIA MARIA DANTAS

**RESPOSTAS DA PRODUTIVIDADE DE BERINJELA SOB
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE**

Tese apresentada ao Curso de pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutora em Meteorologia.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
AGROMETEOROLOGIA E MICROMETEOROLOGIA

SUBÁREA:
NECESSIDADES HÍDRICAS DE CULTURAS

ORIENTADOR:
PROF. DR. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA

Campina Grande -PB

Agosto de 2024

D192r

Dantas, Sílvia Maria.

Respostas da produtividade de berinjela sob condições climáticas no semiárido do nordeste / Sílvia Maria Dantas. – Campina Grande, 2024.
73 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.
"Orientação: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva".
Referências.

1. Cultivo de Berinjela. 2. Modelo AquaCrop. 3. Estresse Hídrico. 4. Agrometeorologia. I. Silva, Vicente de Paulo Rodrigues da. II. Título.

CDU 635.646:551.5(043)

SÍLVIA MARIA DANTAS

RESPOSTAS DA PRODUTIVIDADE DE BERINJELA SOB CONDIÇÕES
CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE

TESE APROVADA EM 30/08/2024

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA
Data: 13/09/2024 08:39:50-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Documento assinado digitalmente
MADSON TAVARES SILVA
Data: 07/09/2024 13:42:05-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. MADSON TAVARES SILVA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Documento assinado digitalmente
DIMAS DE BARROS SANTIAGO
Data: 14/09/2024 16:49:21-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. DIMAS DE BARROS SANTIAGO
Programa Nacional de Pós-Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Meteorologia
Universidade Federal de Campina Grande



Documento assinado digitalmente
EMERSON MARIANO DA SILVA
Data: 12/09/2024 09:21:17-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. EMERSON MARIANO DA SILVA
Centro de Ciências e Tecnologia
Universidade Estadual do Ceará



Documento assinado digitalmente
JOÃO HUGO BARACUY DA CUNHA CAMPOS
Data: 12/09/2024 09:55:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. JOÃO HUGO BARACUY DA CUNHA CAMPOS
Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde
Universidade Estadual da Paraíba

DEDICATÓRIA

*A Deus, por sua presença em minha vida,
me guiando e me fortalecendo. E a minha
família, meus pais (Jandi e Francisca),
aos meus irmãos Silvanete e Severino
pelo amor e por sempre estarem presentes
em minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar os meus caminhos, me dar calma e discernimento nas horas necessárias, por me dar forças em todas as horas que orei e não me deixar desistir.

Aos meus pais, aos meus irmãos Neto e Silvanete por sempre acreditarem na minha capacidade e torcerem por mim.

Aos meus tios, tias, primos e primas que torcem por minhas conquistas.

A minha Tia Fátima, por me apoiar e me incentivar na conquistar dos meus objetivos.

A minha madrasta Lúcia, que torce por mim.

Ao meu amigo Silas, por seu apoio e orações.

A Layane, um ser humano maravilhoso, por estar presente na minha vida, por sua compreensão e apoio.

A minha afilhada Helena, por seu amor.

A minha Tia Nadir (in memoriam), por seu apoio e incentivo na minha vida e nos estudos.

A minha amiga Edclea Alves (in memoriam), por suas palavras de incentivo, por sua torcida e carinho.

Ao meu cunhado e amigo Paulo Sergio, pelo carinho, incentivo e palavras encorajadoras.

Aos meus amigos que fizeram parte da minha história: Welinagila, Santana Lívia, André, Euclides, Cibelly, Fábio, Josivan, Rita, Jaqueline, Istela, Zefinha, Patrícia, Arthur Medeiros, Thyago Joaquim, Luana, Ruslan, Eliton, Fabiano, Jessica, Dimas, Wendy, Edson, Eliton, Karla Caren, Rafaela.

Aos professores do departamento de ciências atmosféricas, aos quais tive a honra de assistir aula e ampliar meus conhecimentos.

Ao professor Luciano Marcelo Falle Saboya, por suas contribuições na minha pesquisa.

Ao coordenador Madson Tavares que sempre esteve presente para ajudar, nas orientações e contribuições.

A secretária Bruna, a Arilene que não mede seus esforços em nos auxiliar.

A dona Rosa e toda a equipe de servidores que me ajudaram na limpeza da área experimental sempre que precisei.

Ao meu orientador Professor Dr. Vicente, por suas contribuições na minha orientação de mestrado e doutorado.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Agradeço a todos que de alguma maneira direta ou indiretamente contribuíram na minha jornada até aqui, muito obrigada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental com destaque para a) América do Sul, Brasil e Nordeste, b) Estado da Paraíba e c) área experimental	23
Figura 2. Estação Meteorológica instalada na área experimental	24
Figura 3. Croqui da área	25
Figura 4. Produção de mudas: (A) semeadura; (B) mudas após 30 dias da germinação	26
Figura 5. Limpeza e revolvimento do solo (A); Adição de adubo orgânico (B)	27
Figura 6. Transplântio: (A) Transplântio das berinjelas em campo; (B) Mudas prontas	28
Figura 7. adubação mineral: Preparação do NPK (A) (B); Aplicação do adubo nas parcelas (C); revolvimento do solo (D)	28
Figura 8. Retirada de plantas invasora (A); Desbaste de folhas velhas (B)	29
Figura 9. Mosca Branca (A); Murcha-de-verticílio (B); Podridão-mole (C)	29
Figura 10. Defensivo: Aplicação de defensivo (A); Placa de captura de insetos (B)	30
Figura 11. Mensuração morfométrica das plantas	30
Figura 12. Frutos (A); Medições morfométrica dos frutos (B)	31
Figura 13. Leitura da umidade do solo: Dutos de acesso em PVC (A); Leitura com a sonda diviner 2000 (B)	33
Figura 14. secagem da biomassa: pesagem da biomassa (A); Material na estufa de circulação (B)	40
Figura 15. Dados meteorológicos para área de estudos: Precipitação pluviométrica (a)(b); temperatura mínima, média e máxima ciclo I (c), ciclo II (d); radiação solar (e); velocidade do vento (f); Umidade do ar (g).	47
Figura 16. Lâminas de irrigação aplicadas para os tratamentos (mm) no ciclo II; precipitação pluviométrica (mm)	50
Figura 17. Umidade volumétrica do solo: Ciclo I Bloco I (a); Ciclo I Bloco II (b); Ciclo II Bloco I (c); Ciclo II Bloco II (d)	53
Figura 18. Teste Tukey para produtividade (kg m ²) da berinjela Tratamentos T1 100%, T2 80%, T3 60%, T4 40% e T5 20% da (ETo)Ciclo I Bloco I (18A); Bloco II (18B), Ciclo II Bloco I (18C); Bloco II (18D)	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos e as reposições hídricas.....	27
Tabela 2. Valores de coeficiente da cultura (Kc) para a berinjela.....	38
Tabela 3. Parâmetros conservativos para a calibração em ambos os ciclos	40
Tabela 4. Resultados dos parâmetros não conservativos após a calibração e balanço hídrico do solo do modelo AquaCrop para cultura de berinjela “Ciça” para o ciclo I em sequeiro e ciclo II irrigado.....	41
Tabela 5. Evapotranspiração da cultura (ETc) mm; Eficiência e uso da água (EUA) ...	50
Tabela 6. Coeficiente de cultivo da berinjela	51
Tabela 7. Características química e físicas do solo das parcelas.....	53
Tabela 8. Dados morfométricos de altura e diâmetro das plantas para o ciclo I e ciclo II	58
Tabela 9. Dados morfométricos de comprimento e diâmetro, peso e número de frutos para os frutos da berinjela no ciclo I e Ciclo II	60
Tabela 10. Análise estatísticas para validação do modelo AquaCrop.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

A, B₁, B₂, B₅ e C	Vitaminas
CO₂	Gás carbono
DCA	Departamento de Ciências Atmosféricas
ET_o	evapotranspiração de referência
ET_c	evapotranspiração da cultura
K_c	Coefficiente da cultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
t/ha	Toneladas por hectare
FAOSTAT	Banco de Dados Estatísticos Corporativos da Organização para Agricultura e Alimentação
DAT	Dias após o transplântio
°C	Graus Celsius
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
%	Porcentagem
EstAgro	Estação Agrometeorológica Experimental
mm	Milímetro
T₁, T₂, T₃, T₄, T₅	Tratamentos
P₁, P₂, P₃ e P₄, P₄, P₅ e P₆	parcelas
pH	Potencial Hidrogeniônico
NPK	Nitrogênio, fosforo e potássio
m.c.a	Metros de coluna d'água
PVC	Policloreto de vinila
nm	Nanômetro

RESUMO

Este estudo determinou o coeficiente de cultivo, a evapotranspiração da cultura por meio do balanço hídrico do solo, a eficiência e uso da água, a produtividade, calibração e validação do modelo AquaCrop para a cultura da berinjela “Ciça” (*Solanum melogena* L.). O experimento foi realizado em duas estações climáticas diferentes chuvosa e seca da região em 2022 distribuídos em dois blocos, para determinar os efeitos do cultivo em sequeiro e o efeito do estresse hídrico com lâminas de irrigação para os tratamentos de 100% (T1), 80% (T2), 60% (T3), 40% (T4) e 20% (T5) de evapotranspiração de referência (ET_o) para reposição hídrica diária via clima. As simulações do modelo AquaCrop para os tratamentos de irrigação foram calibrados e validados, para os parâmetros conservativos e não conservativos. O desempenho do modelo foi avaliado por meio dos indicadores estatísticos: raiz quadrada do erro médio (RMSE), raiz quadrada do erro médio normalizado (RMSEN), eficiência de Nash e Stuciliffe (EF), o índice de concordância de Willmontt's (d) e o erro de previsão (Pe). Os valores encontrados comprovam a eficácia do modelo. Diante, dos resultados a cultura da berinjela cultivada em sequeiro mostrou-se viável economicamente e para o plantio irrigado a lâmina de recomendada para o cultivo da berinjela nas condições agrometeorológicas do experimento foi a de 100% da ET_o, contudo, o cultivo de berinjela submetido ao déficit hídrico mostrou eficiência para o tratamento de 80% da ET_o.

Palavras-chave: AquaCrop; estresse hídrico; agrometeorologia

ABSTRACT

This study determined the crop coefficient, crop evapotranspiration through soil water balance, water efficiency and use, productivity, and validation of the AquaCrop model for the eggplant crop “Ciça” (*Solanum melogena* L.). The experiment was carried out in two different climatic seasons, rainy and dry, in the region in 2022, distributed in two blocks, to determine the effects of rainfed cultivation and the effect of water stress with inspection slides for the treatments of 100% (T1), 80% (T2), 60% (T3), 40% (T4) and 20% (T5) of reference evapotranspiration (ET_o) for daily water configuration via climate. The simulations of the AquaCrop model for the safety treatments were calibrated and validated, for the conservative and non-conservative parameters. The model performance was evaluated using statistical indicators: root mean square error (RMSE), normalized root mean square error (RMSEN), Nash and Stueliffe efficiency (EF), Willmontt's concordance index (d) and forecast error (Pe). The values found prove the effectiveness of the model. Given the results, the eggplant crop grown in dryland conditions proved to be economically viable and for irrigated planting the recommended water depth for eggplant cultivation under the agrometeorological conditions of the experiment was 100% of ET_o; however, eggplant cultivation subjected to water deficit showed efficiency for the treatment of 80% of ET_o.

Keywords: AquaCrop; water stress; agrometeorology

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.1.1 Específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Cultura da berinjela (<i>solanum melogena l.</i>)	18
3.2 Híbrido ciça	19
3.3 Necessidades hídricas e irrigação	20
3.4 Umidade do solo.....	22
3.5 Modelo aquacrop	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 localização e características da área experimental	24
4.1.2 Descrição do experimento	25
4.1.4 Tratos culturais	28
4.1.5 Produção de mudas e transplântio	28
4.1.6 Instalação do experimento	28
4.1.7 Morfometria das plantas e dos frutos	31
4.1.8 Evapotranspiração de referência.....	33
4.1.9 Umidade do solo.....	34
4. 1. 10 Balanço hídrico do solo	35
4.1.11 Coeficiente de cultivo (kc)	36
4.1.12 Eficiência e uso da água	37
4.1.13 Irrigação via clima.....	37
4.1.14 Calibração do modelo AquaCrop	40
4.1.15 Biomassa e rendimento da colheita	42
4.1.16 Análise estatística das simulações e validação do AquaCrop	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1 Variáveis meteorológicas	46
5.1.2 Evapotranspiração da cultura (etc), eficiência do uso da água (EUA) coeficiente de cultivo (Kc).....	48
5.1.3 Lâminas de irrigação, umidade do solo, produtividade e produção	51
5.1.4 Umidade do solo.....	52
5.1.5 Produtividade da berinjela.....	56

5.1.6 Análise de morfométrica das plantas e frutas de berinjela	57
5.1.8 Validação do modelo AquaCrop	60
6. CONCLUSÕES	62
7. REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma cultura mundialmente cultivada, também é uma espécie de notável valor econômico em várias regiões tropicais e temperadas do mundo. É uma espécie termófila, ou seja, em seu ciclo vegetativo, a berinjela requer uma estação de clima quente longa para altos rendimentos produtivos, sendo bem adaptada a regiões de clima tropical e subtropical e podendo ser cultivada todos os meses do ano, também é cultivada em regiões de clima temperado, principalmente em ambiente protegido (RAJAM et al., 2008; PASTANA et al., 2016).

De acordo com Maroeuelli et al. (2014), a berinjela é uma cultura sensível ao estresse hídrico, seja causado por excesso ou por escassez de água, pois o excesso de umidade acarreta apodrecimento das raízes, enquanto a escassez hídrica prejudica o desenvolvimento vegetativo.

Produzida em grande escala em diversos países e de grande importância econômica em regiões asiáticas (GHANI et al., 2020). Na África, é o terceiro vegetal mais consumido por sua população, ficando apenas atrás do tomate e da cebola (OUMA et al., 2024). No Brasil, são anualmente produzidas cerca de 72 mil toneladas, em uma área estimada de 11 mil hectares, com destaque para o Estado de São Paulo com 27.961 ton. ha⁻¹, no Nordeste é produzida anualmente cerca de 5.311 ton. ha⁻¹ e na região semiárida 4.978 ton. ha⁻¹ (IBGE, 2017). Atualmente, a produção com maior representatividade é em ambiente protegido, devido às vantagens no controle de intempéries (PAIVA, 1998; BEZERRA; 2003; SILVA et al., 2015). No estado da Paraíba apenas 129 estabelecimento produz berinjelas, sendo a produção total desses estabelecimentos de 337 toneladas (IBGE, 2017).

A determinação do suprimento das necessidades hídricas da cultura é fundamental para o seu desenvolvimento. Conforme Allen et al. (1996), a evapotranspiração de referência (ET_o) atende à demanda evaporativa da atmosfera independentemente da cultura, do desenvolvimento e das práticas de manejo. O método Penman-Monteith é o mais completo, preciso e utilizado atualmente para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) e recomendado pela FAO 56 (MANTOVANI et al., 2009; LIN et al., 2023).

Nesse contexto, é dada a importância das pesquisas acerca da estimativa das necessidades hídricas das culturas, e assim estabelecendo a disponibilidade de água para o planejamento e execução de projetos de irrigação (DOORENBOS & PRUITT, 1997).

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de alimentos, fibras e biocombustíveis, com dois fatores importantes, a extensão territorial e a disponibilidade de 12% da água doce no mundo, porém ainda enfrenta dificuldades na disponibilidade e gerenciamento hídrico (BORGHETTI et al., 2017). A agricultura brasileira tem 8.151.351 de hectares irrigados, o Estado da Paraíba tem uma área irrigada total de 52.591 hectares (ANA, 2021).

De acordo com Farahani et al. (2009), a previsão do rendimento é cada vez mais importante para otimizar a irrigação em condições de água disponível limitada, para aumentar a sustentabilidade e a produção rentável.

Assim, a Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) das Nações Unidas criou e disponibilizou o AquaCrop, um modelo de simulação que aborda a segurança alimentar e avalia o efeito do ambiente e da gestão na produção agrícola, descrevendo a interação entre água, solo e planta, apresentando bons resultados, com alta precisão (ALLEN et al., 2009, ROSA et al., 2019).

Dessa forma, é relevante realizar pesquisas experimentais para mensurar dados agro meteorológicos para a cultura de berinjela para compreender o comportamento produtivo em regiões de clima semiárido.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar o consumo hídrico para os diferentes estágios fenológicos da cultura da berinjela em duas épocas de plantio em sequeiro e sob regimes de irrigação pleno (100% da ET_o) e deficitário (20, 40, 60 e 80% da ET_o) para a região de Campina Grande (PB).

2.1.1 Específicos

- (i) Determinar a relação entre os parâmetros agro meteorológicos com a produtividade final da berinjela e as variáveis morfométricas nos diferentes estágios fenológicos para ambos os ciclos;
- (ii) Determinar evapotranspiração da cultura (ET_c) e o coeficiente de cultivo (K_c) da berinjela para a região de estudo;
- (iii) Realizar a parametrização e validação do modelo AquaCrop para a berinjela;
- (iv) Realizar a calibração e validar o modelo AquaCrop para a cultura da berinjela, a fim de melhor representar a simulação da produtividade dessa cultura em áreas semiáridas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultura da Berinjela (*Solanum melongena* L.)

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma hortaliça frutífera pertencente à família das *Solanáceas*, os seus frutos contêm teores de água, fibras e proteínas e são ricos em vitaminas A, B₁, B₂, B₅ e C, cálcio, fósforo, ferro, potássio e magnésio (TACO, 2011; SILVA et al., 2016; SHAIK & SINGH, 2022).

Trata-se de uma cultura com grande diversidade genética, tanto nas espécies domesticadas como nas selvagens (RAJAM et al., 2008; PAGE et al., 2019). Destaca-se por estar classificada entre os dez melhores vegetais em capacidade antioxidante devido aos fenóis e os constituintes flavonoides, responsáveis por importantes benefícios à saúde e com maior capacidade de absorção de radicais de oxigênio (AMES et al., 1993; GONÇALVES et al., 2006; KANDOLIYA et al., 2015; PHILIPPI et al., 2016).

Matsubara et al. (2005) identificaram a Nasunina classificada como antocianina antioxidantes isolada de cascas de berinjela, demonstrada como um inibidor da angiogênese. Esses resultados implicam que a nasunina tem atividades antioxidante e antiangiogênica, proporcionando a redução tumoral. Com relação aos componentes nutricionais, a berinjela é um alimento com baixos teores calóricos, altamente proteico, considerado funcional devido a fácil digestão (SHAHNAZ et al., 2003; CARVALHO, LINO, 2014; KANDOLIYA et al., 2015).

Porém, outros, fatores além da composição nutricional influenciam a decisão de compra do consumidor influenciada pelos critérios de qualidade externa do produto, como traços visuais, tamanho do fruto, forma, cor e espinhos do cálice (SCHWARZ et al., 2010; OGUNDEJI et al., 2021).

A berinjela é classificada como uma planta de metabolismo C₃ (SARKER et al., 2004). O metabolismo C₃, tem como fator limitante da fotossíntese as concentrações ofertadas de CO₂, com melhor desempenho fisiológico por plantas que utilizam essa via metabólica (BRAGA et al., 2020). Além da variação genotípica, os métodos de cultivo, a estação, o nível de maturidade e as condições de armazenamento influenciam na composição e nas propriedades das berinjelas (MAHANTA & KALITA, 2020).

Apesar de as hortaliças estarem presentes na alimentação humana, esse mercado no Brasil ainda é pouco desenvolvido devido à inconstância no suprimento regular de

produtos de qualidade e às perdas ocorridas durante os processos de comercialização (BRAINER, 2019). O aumento produtivo das berinjelas é influenciado mediante as condições ambientais, mas principalmente através das modificações genéticas (MARSIC et al., 2014). Na classificação dos maiores produtores mundiais de berinjela referente ao período de 1994 a 2019, destaca-se a China com uma média de 21 milhões de toneladas, seguida pela Índia, Egito, Turquia, Irã, Indonésia, Japão, Itália, Iraque e as Filipinas (FAOSTAT, 2021).

3.2 Híbrido Ciça

O manejo de cultivo em sistema contínuo da mesma espécie reduz o crescimento, o rendimento e a qualidade dos indivíduos, e o aumento de doenças e pragas e a salinização do solo (DEVI et al., 2015). A tecnologia usada há várias décadas na agricultura, denominada hibridização, é cruzamento de dois germoplasmas dos pais de uma espécie que excedem os seus pais em biomassa vegetal e rendimento de grãos (ZHU et al., 2017).

A espécie utilizada nesse trabalho de pesquisa foi desenvolvida pela Embrapa Hortaliças (Brasília, DF) em 1991, visando atender as necessidades agrônômicas na produção da berinjela, desenvolveu o híbrido denominado “Ciça”, dentre as suas principais vantagens estão a resistência a doenças que acometem a cultura não híbrida cultivada em regiões de clima tropical, como a antracnose (*Colletotrichum spp.*) e a Phomopsis (*Phomopsis vexans*) ambas causadas por fungos em decorrência de altas temperaturas e umidade do ar (EMBRAPA, 2024). Os danos causados às plantas são caracterizados por pequenas lesões no fruto, que causam o tombamento da planta, a queima de folhas e a podridão de frutos (REIS, BOITEUX, LOPES, 2011; WEBER et al., 2013).

O seu plantio é realizado a partir do transplante de mudas, atingindo o porte médio de altura de 1,1 a 1,2 metros, características arbustivas, com caule do tipo semilenhoso, ereto ou prostrado. Dentre as características botânicas da berinjela “Ciça” está o florescimento das plantas que ocorre entre 35 e 45 dias após o transplante, a colheita ocorre em torno de 60 a 65 dias após o transplante (MOURA e CARVALHO, 2014). Os seus frutos são oblongos de cor roxo escuro brilhante, com peso na média de 350 gramas, comprimento e diâmetro médios de 22 cm e 8 cm, suas folhas são alternas, com pecíolos

de 2 a 10 cm de comprimento, possui o limbo foliar de formato ovado ou oblongo-ovado, com densa pilosidade acinzentada, com as margens sinuosamente lobadas, ápice agudo ou obtuso, base arredondada ou cordada (ISLA, 2010; REIFSCHNEIDER et al. 1993).

Nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste, podem ser cultivadas anualmente (ISLA, 2024). Pesquisa com a berinjela “Ciça” foram realizadas no Nordeste por BILIBIO et al., 2010; SILVA et al., 2015; VALADARES et al., 2019.

3.3 Disponibilidade hídrica

A implementação de estratégias na gestão da irrigação em um sistema agrícola sustentável requer a eficiência do uso da água conforme a necessidade hídrica da cultura (COLAK et al., 2018; JAFARI et al., 2021). Segundo Marouelli (2014), a berinjela necessita de um total de 450 a 750 mm distribuídos para que suas necessidades hídricas sejam supridas nas suas fases de desenvolvimento, o déficit de água no solo é extremamente prejudicial à berinjela durante as fases de floração e de frutificação, pois provoca o abortamento de flores e frutos, reduzindo o crescimento.

Um fator que necessita de extrema atenção é a salinidade da água de irrigação. Ünlinkara (2010), observaram com o aumento da salinidade a diminuição na eficiência do uso da água e menor consumo de água da planta, resultando em perda no rendimento produtivo da berinjela. Moura e Carvalho (2014), também observaram perdas na produção comercial de berinjela resultantes da quantidade de sais na água de irrigação e consequente acúmulo no solo, déficit da absorção de água e nutrientes pela planta, e o desenvolvimento de frutos menores e deformados.

Na produção agrícola o manejo de irrigação é considerado uma medida importante para lidar com a escassez de água em regiões áridas e semiáridas em todo o mundo (ARAUJO, 2015). Existem diversos tipos de manejo de irrigação que pode ser realizado via planta, solo, clima ou pela associação destes. O manejo de irrigação via clima é realizado através da coleta de dados de clima (temperatura, umidade relativa do ar, vento e radiação solar) onde se calcula a estimativa da necessidade hídrica das plantas (SIMÕES et al., 2021).

No manejo de irrigação via clima uma das práticas para a determinação da quantidade de água a ser aplicada por um sistema de irrigação é a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) através do uso do método de Penman-Monteith

que permite aos usuários ajustar os parâmetros físicos para representar as características da superfície ou tipo de vegetação em estudo (DOORENBOS & KASSAN, 1997; NYOLEI et al., 2021). Na região Semiárida altas taxas de evapotranspiração (potencial e real) resultam em uma perda significativa na disponibilidade hídrica da região (MOURA et al., 2019).

Nesse contexto, a evapotranspiração da cultura (ET_c) é resultante da evapotranspiração (ET_o) e do coeficiente de cultura (K_c), facilitando o manejo de irrigação e produtivo seja em campo ou em ambiente protegido (CARVALHO et al., 2015; JAFARI et al., 2021; HOU et al., 2022). Uma estimativa precisa dos valores do coeficiente da cultura (K_c) em diferentes estágios de desenvolvimento é crucial para avaliar as necessidades hídricas das culturas em regiões Semiáridas (ABUO et al., 2023).

A estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c) para todas as coberturas do solo ou espécie de cultura é um importante parâmetro para a gerenciamento da água de irrigação e para caracterizar o uso e eficiência da água (ALAM et al., 2018; WU et al. 2021; HUANG et al., 2023).

Assim, o processo de evapotranspiração da cultura (ET_c) é específico para cada local e dinâmica de crescimento das plantas devido à sua dependência do clima, tipo de cultura, variedade de cultura e propriedades do solo, entre outras características da cultura (HUANG et al., 2023). Segundo Ramos et al. (2019), dentro dessas condições os fatores bióticos e abióticos são afetados diretamente conforme as condições climáticas ambientais gerando o estresse vegetal.

Um método de irrigação eficiente para áreas em regiões semiáridas é a irrigação localizada que tem como vantagens a alta eficiência de aplicação, redução de escoamento superficial e percolação profunda, economia de água, energia e mão de obra, além de permitir automatização, fertirrigação e de não interferir nos tratamentos fitossanitários (COELHO et al., 2014; BASSONI et al., 2021; ANDRADE et al. 2021).

Diversos estudos realizados com a berinjela irrigada comprovaram que o uso da irrigação por gotejamento resultou em uma economia no consumo hídrico quando comparado a outros métodos de irrigação (RAKHYZZHANOV et al. 2015; COLAK et al. 2018; OUMA et al., 2024). Quanto a taxa fotossintética de plantas de berinjela “Ciça” essa aumenta com o acréscimo da disponibilidade hídrica (SILVA et al., 2015). Com o cultivo em sequeiro ou irrigado, espera-se um aumento da produtividade da água,

permitindo que mais agricultores se beneficiem dos recursos hídricos obtendo maior sustentabilidade.

3.4 Umidade do solo

A umidade do solo é fundamental para o desenvolvimento e produção das culturas em terras agrícolas (ULLAH et al., 2024). Normalmente, a umidade está na camada do solo de 1 m a 2 m (ROBOCK, 2003). Dentre os fatores edafoclimáticos em regiões de clima árido e semiárido, é necessário usar estratégias para conservação da umidade no solo devido à sua influência direta na evapotranspiração da cultura (VERSTRAETEN et al., 2008; QUEIROZ et al., 2020). Montenegro et al., (2019), constataram que em ambiente semiárido a umidade do solo aumenta com o início da estação chuvosa e posteriormente diminui. Quando o solo seca, ocorre o aumento da variação de umidade devido à evapotranspiração exceder a precipitação.

A redistribuição da água no solo ocorre durante e após o processo de infiltração, desse modo, a monitorização contínua do teor de umidade do solo no sistema da zona radicular facilita a observação da percolação da água (MOUAZEN et al., 2022). Eventos de estresse hídrico nas plantas e a lixiviação são minimizados com o monitoramento da água no solo (DENG et al., 2020). Porém, o conteúdo de água no solo é altamente variável sob a influência da textura do solo, capacidade, preparo do solo, distribuição da vegetação, precipitação e métodos de irrigação (YAN et al., 2023).

Novas tecnologias que agregam os métodos indiretos utilizados para o monitoramento do conteúdo de água no solo, como as sondas de perfis podem medir umidade volumétrica em diversas profundidades com destruição relativamente pequena do perfil do solo e instalação simples (DIETRICH & STEIDL, 2021).

As sondas de perfil podem ser sondas portáteis (por exemplo, Diviner 2000, Sentek Sensor Technologies, Stepney, South Australia) ou sondas multissensoriais permanentes (por exemplo, EnviroSCAN, Sentek Sensor Technologies) ou combinam ambas as aplicações (por exemplo, PR2, Delta-T Devices Ltd., Cambridge, REINO UNIDO). No entanto, dentro das sondas de perfis estão as de capacitância que são capazes de atingir alta precisão na detecção de umidade do solo (HAJDÚ et al., 2019).

A sonda portátil Diviner 2000 já foi calibrada para mensurar o conteúdo de água no solo em várias regiões do mundo, por exemplo, na Florida-EUA (Fares & Alva, 2000);

Palermo- Itália (Segovia-Cardozo et al., 2023); Berlim- Alemanha (Dietrich & Steidl, 2021; Sertão central do Estado de Pernambuco -Brasil (Queiroz et al., 2024), sendo uma das mais precisas e de fácil manuseio, porém com custo elevado.

3.5 Modelo AquaCrop

Nas regiões áridas e semiáridas, as mudanças climáticas, juntamente com o crescimento demográfico, poderão levar ao colapso da disponibilidade dos recursos hídricos, em que o setor agrícola nestas regiões será o mais afetado (TOUMI et al., 2016).

Dois fatores que demandam mais produtos são: a recuperação econômica global após a pandemia da COVID-19 e da guerra da Rússia contra a Ucrânia deve ser lenta, mais nas economias avançadas do que nos mercados em desenvolvimento (FAO, 2024).

O crescimento populacional mundial, com uma estimativa de crescimento de 30% até 2050, correspondendo a 9,7 bilhões de pessoas (UNO, 2019), assim a demanda por alimentos e consumo de recursos naturais aumentará consideravelmente.

Para auxiliar na segurança alimentar e avaliar o efeito do ambiente e manejo na produção agrícola, a Organização para Alimentação e Agricultura (FAO) desenvolveu o AquaCrop, trata-se de um software de modelo de simulação de cultivo que descreve as interações entre a planta e o solo que envolvem a disponibilidade de água, a gestão de campo e o gestão de irrigação (PAREDES et al., 2015; NYATHI et al, 2018; SOLGI et al., 2022; AHMADI et al., 2022; ZHANG et al, 2022). Todavia, é uma ferramenta agroclimática que permite medir o efeito das condições climáticas no desempenho produtivo e na queda da produtividade das culturas agrícolas sob diversas condições hídricas (PINHEIRO et al., 2023).

Todo esse sistema está ligado à atmosfera através do limite superior que determina a demanda evaporativa (ET_o) e fornece CO₂ e energia para o crescimento das culturas, os procedimentos de cálculo baseiam-se em processos biofísicos básicos e muitas vezes complexos para garantir uma simulação precisa da colheita e resposta no sistema planta-solo (STEDUTO et al., 2009).

Vários autores parametrizaram o modelo AquaCrop em regiões áridas ou semiáridas em diferentes regiões do mundo sob diferentes regimes de irrigação, por meio da calibração e validação do modelo para diferentes culturas, como o Milho (ANJOS, 2016); tomate (Freitas, 2017); soja (SILVA et al., 2018); coentro (OLIVEIRA, 2018);

feijão (MAGALHÕES et al., 2019); cebola (MATSUNAGA et al., 2019); rabanete (ALMEIDA, 2020), palma forrageira e capim (PINHEIRO et al., 2024).

A calibração e validação do modelo são determinadas através dos parâmetros conservativos e não conservativos para a região e a cultura em estudo, considerando o uso da água nas fases vegetativas (HSIAO, 2009). O desempenho do modelo é avaliado utilizando os parâmetros estatísticos: a) erro de predição; b) índice de eficiência; c) coeficiente de determinação; d) erro médio absoluto; e) raiz quadrática do erro médio; f) índice de Willmott (SILVA et al., 2018; ROSA et al., 2019).

A previsão de rendimento por meio da modelagem é uma aliada na agricultura, visando uma produção eficiente e sustentável. Previsões precisas são importantes para a tomada de decisões dos agricultores relativas ao plantio, irrigação, fertilização, colheita e comercialização (LEUKEL et al., 2023).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e características da área experimental

O estudo foi realizado na área da Estação Agro meteorológica Experimental EstAgro/UACA (Figura 1) pertencente a Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, localizada no município de Campina Grande, estado da Paraíba, com latitude de 07° 13' 50" S e longitude de 35° 52' 52" W e 546 m de altitude. O clima de Campina Grande segundo a classificação climática de Koppen é considerado clima sub úmido, com moderada deficiência de água no verão, índice de aridez entre 16,7 e 33,3, mesotérmicos e com vegetação durante o ano todo, tendo como período chuvoso os meses de março a julho e a normal climatológica é cerca de 750 mm, a temperatura máxima média anual é de 28,7 °C e a mínima de 19,8 °C (FRANCISCO & SANTOS, 2017).

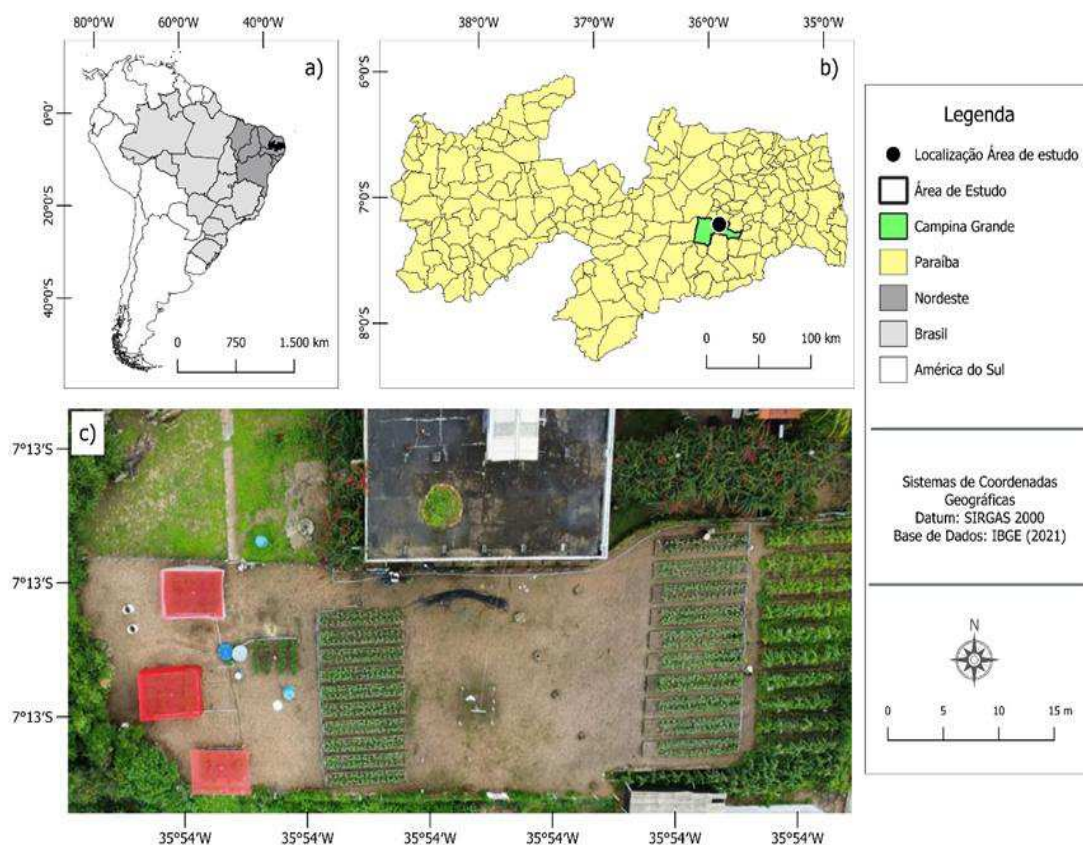


Figura 2. Localização da área experimental com destaque para a) América do Sul, Brasil e Nordeste, b) Estado da Paraíba e c) área experimental.

4.2 Descrição do experimento

Utilizou-se o híbrido de berinjela “Ciça” em dois ciclos, sendo o ciclo I totalmente em sequeiro no período de 25/04/2022 a 23/07/2022 (período chuvoso) e o ciclo II com aplicação de lâminas de irrigação no período de 20/09/2022 a 19/12/2022 (período seco).

Os dados meteorológicos de temperatura máxima, mínima e média, umidade do ar, velocidade do vento, precipitação pluviométrica, radiação solar e evapotranspiração de referência (ET_o), foram coletados diariamente mediante leitura disponível no painel da estação meteorológica automática (Irriplus, modelo E5000) instalada na área experimental (Figura 2).

A área onde foram distribuídas as 3 sub parcelas equivale a uma parcela total com dimensões de 7,1 m² comprimento por 2,5 m² de largura para cada tratamento T1, T2, T3, T4 e T5, no bloco I e no bloco II, totalizando 6 sub parcelas por tratamento, onde foram transplantados 60 indivíduos com espaçamento entre linhas de 50 cm e 70 cm de distância

entre plantas por parcela. Dos 60 indivíduos, 42 indivíduos foram transplantados para o efeito bordadura, a avaliação dos parâmetros foi realizada em uma área útil de 1 m² com 4 indivíduos que totalizaram 12 indivíduos por tratamento, a distribuição está demonstrada no croqui (Figura 3).



Figura 2. Estação Meteorológica instalada na área experimental

Na Tabela 1 está demonstrado o percentual de reposição hídrica em função da evapotranspiração de referência (ET_o) seguindo o procedimento de Penman-Monteith da FAO (Allen et al., 1998), em que foram avaliados os 5 tratamentos de irrigação representados por T1, T2, T3, T4 e T5.

Tabela 1. Tratamentos e as reposições hídricas

Tratamento	Reposição Hídrica
T1	100% ETo
T2	80% ETo
T3	60% ETo
T4	40% ETo
T5	20% ETo

Em que: T= tratamentos. Reposições hídricas em porcentagens; ETo= evapotranspiração de referência

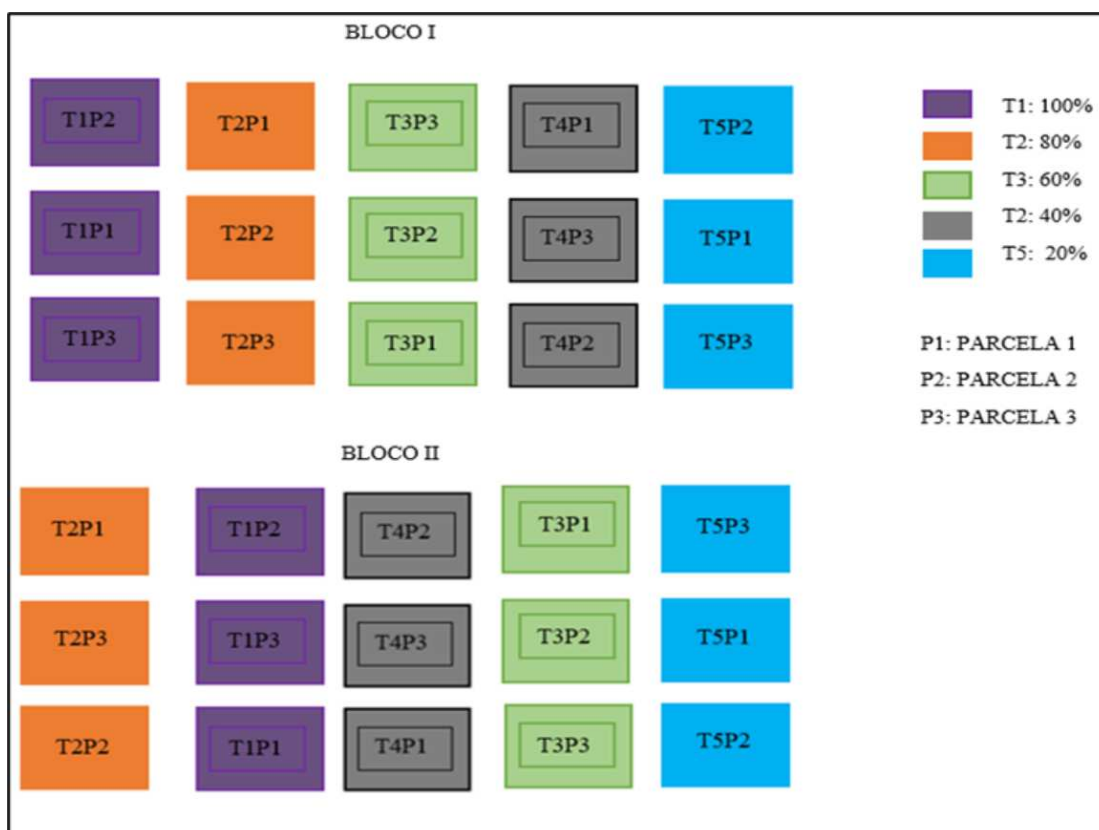


Figura 3. Croqui da área

4.3 Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), onde os dados obtidos foram mensurados, e em seguida foram processados para serem avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) representado pelos valores do teste F com indicação dos respectivos níveis de significância de 1% e as médias comparadas pelo teste de Tukey, este último utilizado da presença de significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro para a comparação. Para a análise de dados e a geração gráfica será utilizado o “software” livre R e no Excel®.

4.5 Preparo da área e instalação dos experimentos Ciclo I e II

4.5.1 Produção de mudas

As mudas de berinjela foram produzidas em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, foram utilizados sacos plásticos com dimensões de 13 x 10 cm, que foram preenchidos com substrato e areia. Em cada saco foram semeadas 2 sementes. Para cada ciclo foram produzidas 700 mudas. Após a semeadura, as regas foram realizadas pela manhã cedo mantendo a umidade do substrato, a germinação ocorreu no 7 dia. O desbaste foi realizado 15 dias após a germinação (DPG), em que foi selecionado o indivíduo com mais vigor (Figura 4 A; B).



Figura 4. Produção de mudas: (A) semeadura; (B) mudas após 30 dias da germinação

4.5.2 Revolvimento do solo e aplicação de adubo orgânico

Foi realizado o preparo do solo antes de cada ciclo experimental, inicialmente realizou-se dentro das parcelas o revolvimento, para descompactar o solo e nivelar a superfície (Figura 5A), seguido da coleta de duas amostras, antes dos dois ciclos, nos dois blocos, na profundidade de 0 a 30 cm, formando uma amostra homogênea de 500 gramas de solo. Em que foram realizadas no laboratório de Irrigação e Salinidade-LIS CTRN/UFCEG, para a determinação das análises químicas e físicas do solo conforme metodologia Teixeira et al. (2017), por conseguinte realizou-se a adubação orgânica (Figura 5B).



Figura 5. Limpeza e revolvimento do solo (A); Adição de adubo orgânico (B)

O transplantio das plantas de berinjela para a área experimental foi realizado 30 dias após a germinação das sementes (Figura 6A), mediante realização do monitoramento do desenvolvimento das plantas, quando elas atingiram uma altura média de 15 cm e com 4 a 5 folhas definitivas (Figura 6B). Essa condição proporcionou uma melhor adaptação das mudas quando foram submetidas as condições adversas da área experimental.



Figura 6. Transplântio: (A) Transplântio das berinjelas em campo; (B) Mudas prontas

O suprimento das necessidades nutricionais foi realizado por aplicação de fertilização via cobertura, inicialmente após a pesagem a mistura dos fertilizantes (Figura 7A). Para o primeiro e o segundo ciclo foram usados o adubo próprio para as solonáceas no total de 25,28 kg e o nitrogênio, fosforo e potássio (NPK) 35 kg e o superfosfato 14,6 kg as doses foram fracionadas (Figura 7B) em 3 aplicações 15 DAT; 45 DAT; 60 DAT, sendo dividido para 600 plantas para os dois blocos (Figura 7C e D).

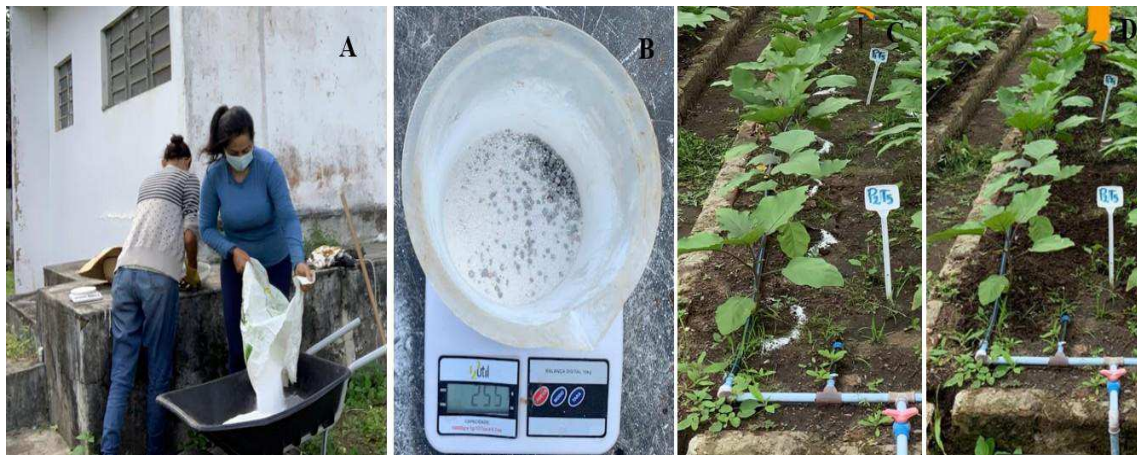


Figura 7. adubação mineral: Preparação do NPK (A) (B); Aplicação do adubo nas parcelas (C); revolvimento do solo (D)

Após o transplântio observou-se o pegamento das mudas, ao longo dos ciclos foram realizadas as remoções de plantas invasoras (Figura 8A) e a desbaste das folhas (Figura 8B) mais velhas para evitar a proliferação de fungos para os dois ciclos.



Figura 8. Retirada de plantas invasora (A); Desbaste de folhas velhas (B)

Devido a incidência da mosca branca (Figura 9A), a murcha-de-verticílio (Figura 9B) que é uma das principais doenças da berinjela no Brasil ocasionada por um patógeno de solo e a podridão-mole (Figura 9C) (REIS et al., 2011).



Figura 9. Mosca Branca (A); Murcha-de-verticílio (B); Podridão-mole (C)

Foi realizado o manejo integrado de pragas e doenças, para os dois ciclos, foram usados defensivos orgânicos no primeiro ciclo. Contudo, para o segundo ciclo foi observada a maior incidência de doenças e insetos, sendo necessária a aplicação fungicida não atuante de forma sistêmicas (Figura 10A), também foram implantas placas isca para captura de insetos (Figura 10B).



Figura 10. Defensivo: Aplicação de defensivo (A); Placa de captura de insetos (B)

4.1.7 Morfometria das plantas e dos frutos

Na análise morfométrica das plantas de berinjela foram realizadas medições 4 análises distribuídas nos dias 30, 45, 60 e 80 DAT (dias após o transplante), em que foram utilizados os seguintes equipamentos: o paquímetro e a régua graduada, e as variáveis analisadas foram a altura da planta (cm) e o diâmetro do caule (mm) (Figura 11).



Figura 11. Mensuração morfométrica das plantas

Para esta pesquisa, a análise dos frutos, foi realizada, conforme Henz et al. (2006), em que o ponto ideal de colheita foi determinado visualmente, sendo realizada quando os frutos estavam com coloração roxa escura e brilhante e o tamanho aproximado de 13 a 17 cm de comprimento (Figura 12A). As variáveis analisadas na colheita foram:

- número de frutos por planta foi determinado pela contagem de todos os frutos de cada planta por parcela;
- massa média de frutos por tratamento (g), foi mensurada com a pesagem de todos os frutos colhidos de cada planta por parcela, sendo estes pesados em balança digital (Figura 12B);
- na morfometria dos frutos, foram analisados o comprimento (cm) e a circunferência (cm) dos frutos e mensurados com a utilização de fita métrica, com medidas realizadas a partir da base do fruto até a base do pedúnculo do fruto.



Figura 12. Frutos (A); Medições morfométrica dos frutos (B)

4.1.8 Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência foi determinada seguindo o procedimento de Penman-Monteith da FAO Allen et al. (1998) demonstrado na equação 1, no qual os dados meteorológicos foram mensurados por meio da estação portátil modelo E5000

®Irriplus instalada na área experimental UACA/agro que gera automaticamente ET_o (mm dia⁻¹) Boletim 56 da FAO, assim como as demais variáveis temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade relativas máxima (%), umidade relativa mínima (%), velocidade do vento (m/s) e radiação solar expressa em (W/m²).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_o = evapotranspiração de referência [mm dia⁻¹];

r_n = saldo de radiação na superfície da cultura [MJ m⁻² dia⁻¹];

g = densidade de fluxo de calor no solo [MJ m⁻² dia⁻¹]

t = temperatura diária do ar a 2 m de altura [° c];

u = velocidade do vento a 2 m de altura [m s⁻¹];

e_s = pressão de vapor de saturação [kpa];

e_a = pressão de vapor real [kpa]

$e_s - e_a$ = déficit de pressão de vapor de saturação [kpa];

Δ = declinação da curva de pressão de vapor [kpa ° c⁻¹];

γ = valor psicrométrico [kpa ° c⁻¹].

4.1.9 Umidade do solo

As parcelas experimentais contam com 2 dutos de acesso em PVC totalizando 40 dutos, nas dimensões de 1 m de comprimento, diâmetro externo de 56,5 mm e interno de 51 mm, devidamente vedados interna e externamente (Figura 13A) . Os dados de umidade no experimento foram obtidos utilizando a sonda de capacitância (modelo Diviner 2000®, Sentek Pty Ltd, Austrália) (Figura 13B) durante os ciclos produtivos da berinjela.

O teor de umidade do solo em intervalos regulares de 10 cm até a profundidade de 80 cm no perfil do solo. As leituras foram realizadas em intervalos a cada 24 h, resultando em média diária de umidade volumétrica conforme os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, antes e após a irrigação.



Figura 13. Leitura da umidade do solo: Dutos de acesso em PVC (A); Leitura com a sonda diviner 2000 (B)

4. 1. 10 Balanço hídrico do solo

O balanço de água no solo foi realizado para o tratamento de 100% por meio de dados meteorológicos do experimento de campo e do monitoramento detalhado da umidade do solo na zona de extração radicular da berinjela feita pela sonda Capacitiva Diviner 2000. Foi possível determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) através da seguinte equação 2 (LIBARDI, 1995):

$$P + I \pm D/A \pm \Delta h \pm R - ET_c = 0 \quad (2)$$

Em que:

ET_c = Evapotranspiração da cultura;

P = Precipitação;

I = Irrigação;

Δh = Variação no armazenamento de água no perfil do solo;

R = Escoamento superficial;

D/A = Drenagem profunda ou ascensão capilar.

O escoamento superficial (R) foi desprezado devido à topografia dos canteiros ser plana. Como o lençol freático da região é superior a 1 m e o volume de controle da berinjela foi até 0,8 m, a ascensão capilar (A) foi também desconsiderada e a drenagem profunda (Dp) foi desconsiderada. A variação do armazenamento de água no perfil do solo (ΔS), mensurada considerando a profundidade de 80 cm, neste estudo, foi determinada pela diferença dos valores do conteúdo de água do solo obtido do perfil final e inicial para cada período considerado (dia), através da equação 3:

$$\Delta S = (\theta_2 - \theta_1) \cdot ZBH \quad (3)$$

Em que:

ΔS : Variação do armazenamento de água nos dias considerados (mm);

θ_2 : Umidade do solo encontrada no tempo 2 (final), m^3m^{-3} ;

θ_1 : Umidade do solo encontrada no tempo 1 (inicial), m^3m^{-3} ;

ZBH: Profundidade considerada para o balanço hídrico (0,8 m).

4.1.11 Coeficiente de cultivo (Kc)

O coeficiente para a berinjela foi obtido através da divisão da evapotranspiração da cultura (ETc) pela evapotranspiração de referência (ETo) através da equação 4 (ALLEN et al., 1998; ANDRADE et al., 2023):

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (4)$$

Em que:

Kc= Coeficiente de cultivo (adimensional);

ETc= Evapotranspiração da cultura ($mm \text{ dia}^{-1}$);

ETo= Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

4.1.12 Eficiência e uso da água

A eficiência e uso da água (EUA) foi determinada para ambos os ciclos I e II, respectivamente. Foi usado o fator 0,1 para transformar os resultados da EUA em kg ha⁻¹ mm⁻¹ para kg m⁻³ (equação 5) adotando a metodologia utilizada por (ROSALES & ESTRADA, 2007; SILVA et al., 2011; MATSUNAGA et al., 2022; ANDRADE et al., 2023):

$$EUA = \frac{Y}{ETc} \quad (5)$$

Em que:

EUA= Eficiência e uso da água (kg m⁻³);

Y = Produção das berinjelas (kg ha⁻¹);

ETc= Evapotranspiração da cultura (mm).

4.1.13 Sistema e manejo de irrigação

Nesta pesquisa foi adotado o método de irrigação localizada e o sistema por gotejamento, composto por gotejadores do tipo GA-4 autocompensantes na faixa de pressão de 1,0 a 4,0 bar e vazão média de 4,0 L h⁻¹; uma caixa d'água de 10.000 L; uma motobomba centrífuga monobloco da Thebe® de 1,5 cv, com vazão máxima até 16 m³ h⁻¹ e pressão máxima 34 m.c.a; tubos de PVC com diâmetro de 50 mm (linha principal); um filtro plástico de disco de 2"; mangueiras de polietileno para irrigação (linhas laterais), com diâmetro nominal de 16 mm; manômetro, registros e finalizadores.

Foi distribuído um gotejador por planta, em duas linhas por canteiro, com espaçamento de 50 cm de um gotejador para o outro, totalizando 30 gotejadores por canteiro. No manejo, as irrigações foram realizadas no início das manhãs, em que, a reposição hídrica para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram aplicadas via clima, repondo a demanda da evapotranspiração de referência (ETo) do dia anterior desde a última irrigação (SIMÕES et al., 2021). O cálculo para a reposição hídrica foi mensurado

conforme a equação 6 (Allen et al., 1998), onde a evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente de cultivo (K_c), em que a multiplica-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultivo (K_c) da berinjela descrito na Tabela 2 para as fases vegetativas.

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (6)$$

Em que:

ET_c: Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹)

ET_o: Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

K_c: Coeficiente de cultura

Tabela 2. Valores de coeficiente da cultura (K_c) para a berinjela

Fases de desenvolvimento	Coeficiente de cultivo (K_c) de referência	Duração do ciclo em dias
I (fase vegetativa)	0,60	14
II (floração)	0,75	23
III (frutificação)	1,10	17
IV (senescência)	0,75	31

Adaptado de (Allen et al., 1998; Mouroelli, 2001)

O teste de vazão média foi realizado por meio de amostragens aleatórias nos gotejadores, assim, determinando a uniformidade de distribuição de água através do método proposto por Kelle e Karmele (1975), resumido por Mantovani et al. (2009), nessa metodologia foram coletadas as vazões em quatro emissores ao longo da linha lateral, da seguinte forma: o primeiro gotejador, o segundo situado a 1/3; e o terceiro a 2/3 do comprimento da linha; e o último gotejador. Foram selecionadas quatro linhas dentro do setor, resultando em um total de 16 valores da lâmina e uma disposição de coleta

Para o Coeficiente de Uniformidade (CUC) de Christiansen (1942), utilizando a seguinte equação 7:

$$UC = 100x \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |xi - \bar{x}|}{n x \bar{x}} \right] \quad (7)$$

Em que:

CUC = Coeficiente de uniformidade de distribuição de água pelos emissores de Christiansen (%); Qi = Vai = vazão ou volume de aplicação de água pelos emissores por cada gotejador (L h⁻¹); Qmed = média das vazões coletadas de todos os gotejadores (L h⁻¹); n = número de gotejadores analisados.

A metodologia de Merrian e Keller (1978) usada para a distribuição do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de água pelos emissores (CUD) pela seguinte equação 8:

$$CUD = \frac{L_q}{L_m} x 100 \quad (8)$$

Em que:

Lq= média dos primeiros 25% menores de lâminas coletadas na avaliação, mm;

Lm= lâmina média de todas as observações, mm.

Para a determinação do tempo de irrigação foi determinada pela equação 9 (MANTOVANI et al., 2009).

$$TI = 60 x \frac{L_B}{Ia} \quad (9)$$

Em que:

L_B= Lâmina bruta de irrigação

Ia= Eficiência da irrigação

4.1.14 Calibração do modelo AquaCrop

O modelo foi parametrizado utilizando dados dos tratamentos de irrigação T1, T2, T3, T4 e T5 (condições de irrigação ótimas e deficitárias) e dados obtidos do experimento de sequeiro que apresentou condições ótimas de água devido ao efeito do evento La Niña no ano de 2022 (NOOA, 2023). Não há dados de berinjela nos arquivos de cultivo do AquaCrop, portanto, foi criada uma safra de frutas. O modelo foi parametrizado para o teor de água no solo, copa, acúmulo de biomassa, produtividade de frutos e produtividade de água.

Para este experimento, foram calibrados os parâmetros do modelo AquaCrop para o ciclo I (sequeiro) e para o ciclo II (irrigado) na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros conservativos, de acordo com Mkhabela e Bullock (2012), esses parâmetros conservativos são utilizados na simulação para diversos cultivos, porém, alguns precisam ser ajustados às condições locais, o tipo de cultivar e a gestão de campo por não serem universais.

Tabela 3. Parâmetros conservativos para a calibração em ambos os ciclos

Parâmetros Conservativos	Para todos os tratamentos em ambos os ciclos experimentais
Temperatura mínima basal (Tn) (°C)	10
Temperatura máxima basal (Tb) (°C)	30
Densidade de plantas (planta ha ⁻¹)	28.571
Método de plantio	Transplântio
Produtividade de água da cultura normalizada por ETo e CO ₂ (WP*) (gm ²)	17
Duração do ciclo	85 Dias
Via metabólica classificação	C ₃

Na Tabela 4 estão apresentados os dados após a calibração dos valores referentes aos parâmetros conservativos e não conservativos que variaram quando correlacionados com o ciclo I (sequeiro) e o ciclo II (irrigado) que se baseia no balanço de água do solo como seu principal processo condutor do desenvolvimento da cultura, observa-se que os fatores climáticos bem como a disponibilidade de água possibilitaram uma condicionante mais estressante para os tratamentos em que a cultura foi submetida ao estresse hídrico no ciclo II, segundo Silva e Pereira (2022), quando a cultura é submetida ao estresse hídrico a cobertura do dossel e o rendimento em função da água evapotranspiração são menores. Ainda de acordo com Silva et al. (2020), a quebra da produtividade de uma cultura é ocasionada em razão condicionante do déficit hídrico.

Os resultados com valores mais equilibrados de cobertura máxima do dossel (CCx) e a demanda de água evapotranspirada (Wpet) quando correlacionados para o ciclo I e o ciclo II foi para o tratamento T1 (100% da ETo) com 12% e 17% bloco I e no bloco II 2,56% e 6,4%, e o tratamento com maiores diferenças em ambos os ciclos foi o (T4 40% da ETo) bloco I 55% e 83% para o bloco II 64% e 69,3%.

Tabela 4. Parâmetros não conservativos após a calibração e balanço hídrico do solo do modelo AquaCrop para cultura de berinjela “Ciça” para o ciclo I em sequeiro e ciclo II irrigado.

Parâmetros não conservativos	Ciclo I (Sequeiro)									
	Bloco I					Bloco II				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Cobertura máxima do dossel (CCx) (%)	87	81	83	95	85	78	70	71,4	68	61,9
Índice de colheita de referência (IH) (%)	73,1	54,8	69	89,1	62,4	69,2	24,7	74,9	68,6	62,4
Wpet (Kg/m ³)	1,74	1,02	3,92	4,86	3,04	1,40	0,54	4,14	4,68	3,41
	Ciclo II (Irrigado)									

Parâmetros não conservativos	Bloco I					Bloco II				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Cobertura máxima do dossel (CCx) (%)	76	49	65	42,5	79	76	28	55	51	80
Índice de colheita de referência (IH) (%)	72	57,2	81	56	59,2	72	32,7	43	41	29
Wpet (Kg/m ³)	2,04	1,55	1,09	0,80	0,67	1,31	0,80	0,87	0,59	0,61

* Rendimento produzido em função da água evapotranspirada (WPet)

4.1.15 Biomassa e rendimento da colheita

Para a determinação da biomassa, foram selecionadas 3 plantas representativas em cada parcela experimental, as quais foram cortadas (folhas + hastes) e pesadas em uma balança de precisão (massa fresca, mg ha⁻¹) (Figura 14A). Em seguida, foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 65 °C (Figura 14B), para mensuração da massa seca (mg ha⁻¹).



Figura 14. secagem da biomassa: pesagem da biomassa (A); Material na estufa de circulação (B)

Mantendo o conceito original de uma ligação direta entre o uso da água pelas culturas e o rendimento das culturas, o modelo AquaCrop evoluiu a partir da abordagem do manual da FAO conforme Steduto et al. (2009), demonstrado na equação 10, em que foi separando a evaporação não produtiva do solo da transpiração produtiva das culturas.

$$\left(\frac{Yx - Ya}{Yx}\right) = Ky \left(\frac{ETx - ET}{ETx}\right) \quad (10)$$

Em que:

Yx: rendimento máximo

Ya: rendimento real,

ETx: evapotranspiração máxima

ET: evapotranspiração real

Ky: fator de proporcionalidade entre a perda de rendimento relativo e a redução da evapotranspiração relativa

A transpiração real da cultura (Tr) é transformada em biomassa (B) através de um parâmetro de produtividade de água (WP) específico da cultura. O WP apresenta comportamento conservador quando é normalizado (WP*) para demanda evaporativa e para concentração de CO² (STEDUTO et al., 2007). Assim, a estimativa da produção de biomassa está ligada diretamente com a transpiração real da cultura através de um parâmetro de produtividade da água de acordo com a equação 11 a estimativa da produção de biomassa (RAES et al., 2022).

$$B = WP \cdot \sum T_r \quad (11)$$

Em que:

B = biomassa produzida cumulativamente (kg/ m²)

Tr = transpiração da cultura (mm ou m³ por unidade de superfície)

WP = produtividade da água (kg /m² e por mm, ou kg/m³ de água transpirada).

Para culturas produtoras de frutas e grãos, o Índice de Colheita (HI) começa a aumentar logo após a floração. O rendimento colheita (Y) é uma parcela da biomassa obtida por meio de outro parâmetro específico da cultura (ou variedade) definido como o índice de colheita (HI) (Equação 12), portanto:

$$Y = B \cdot HI \quad (12)$$

Em que:

B: Biomassa seca da parte aérea (kg/ m²);

Y: produção final (kg);

HI: índice de colheita (%).

4.1.16 Análise estatística das simulações e validação do AquaCrop

A validação dos resultados foi realizada por meio de análise estatística do desempenho do modelo AquaCrop através da comparação com dados observados em campo e os simulados pelo modelo. Para tanto, serão utilizados:

O erro de predição (EP) (Equação 13) definido por:

$$Pe = \frac{\sum(P_i - O_i)}{\sum O_i} \times 100 \quad (13)$$

O índice de eficiência de (EI) (Nash e Sutcliffe, 1970) (Equação 14) definido por:

$$IE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (14)$$

O índice de eficiência de (IE) pode variar de menos infinito a 1. O índice de eficiência igual a 1 indica uma combinação perfeita entre o modelo e as observações, o índice de eficiência igual a 0 significa que as previsões do modelo são tão precisas quanto a média dos dados observados, já o índice de eficiência negativo ocorre quando a média das observações é uma previsão melhor do que o modelo (FAO, 2023).

O erro quadrático médio normalizado (NRMSE) (Equação 15):

Portanto, o NRMSE pode ser normalizado usando a média da variável observada, é expresso como uma porcentagem e dá uma indicação da diferença relativa entre o modelo e as observações.

$$NRMSE = \frac{1}{\bar{O}} \sqrt{\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{n}} \times 100 \quad (15)$$

O erro do quadrado médio (RMSE) (Equação 16):

$$RMSEN = \frac{1}{\bar{O}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}} \times 100 \quad (16)$$

Uma simulação pode ser considerada excelente se NRMSE for menor que 10%, bom se entre 10% e 20%, regular se entre 20% e 30% e considerada ruim acima de 30%.

O erro médio absoluto (EMA) (Equação 17):

$$EMA = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)}{n}} \quad (17)$$

O coeficiente de determinação (R^2) (Equação 18):

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right) \quad (18)$$

O índice de Willmott (d) (Equação 19):

$$d = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (19)$$

Em que:

P_i : Valores previstos;

O_i : Valores observados;

\bar{o}_i : Média dos valores observados;

n : Número de observações.

Quando os valores de EF estão próximos de 1, o desempenho do modelo é considerado satisfatório.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

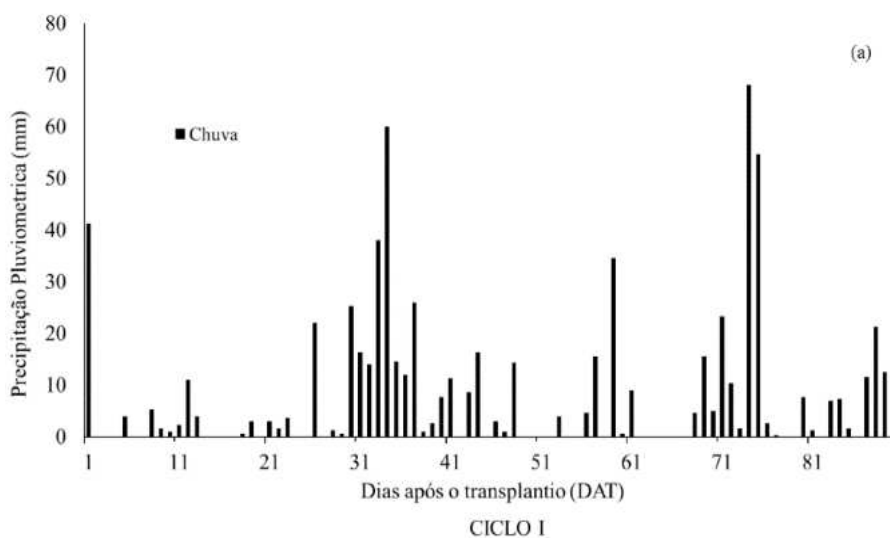
5.1 Variáveis meteorológicas

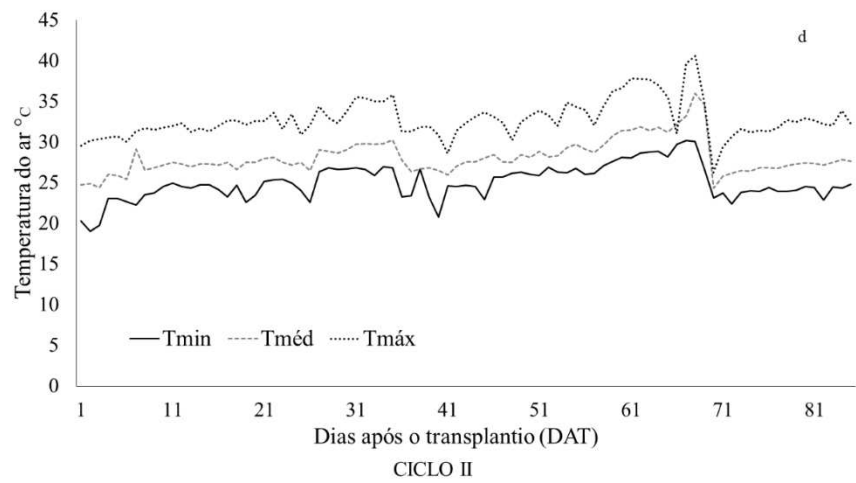
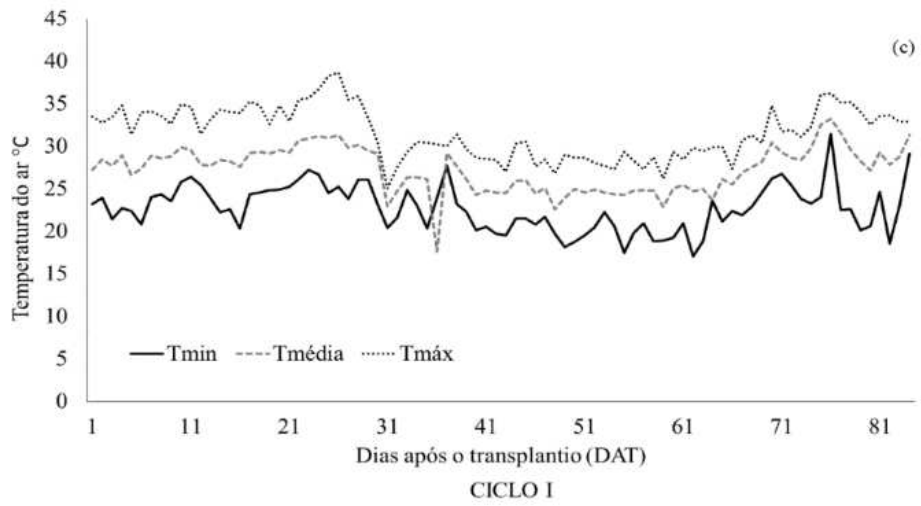
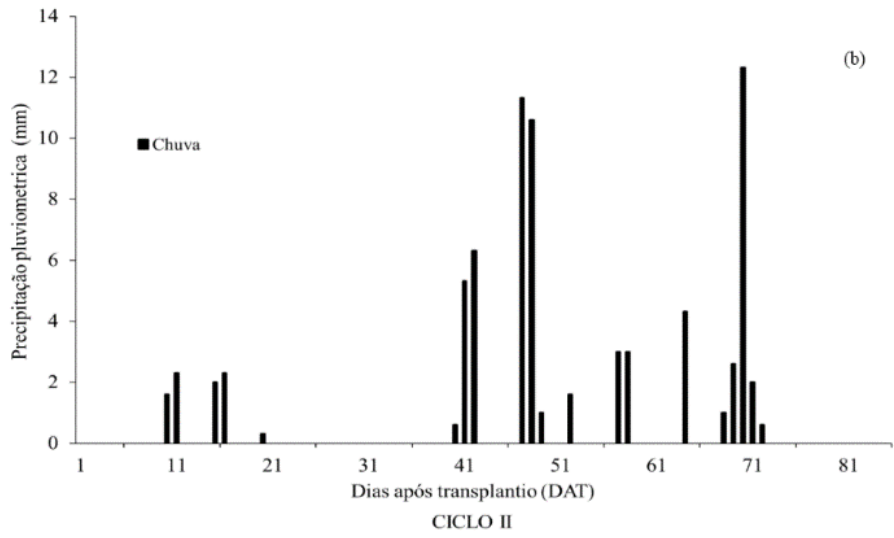
As variáveis meteorológicas para o ciclo I durante os meses de abril a julho por 85 dias (25/04/2022 a 23/07/2022), e para o ciclo II durante o período de setembro a dezembro por 85 dias (20/09/2022 a 19/12/2022). As variáveis meteorológicas mensuradas de precipitação pluviométrica (mm), temperaturas do ar ($^{\circ}\text{C}$) máxima e mínima, umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s), radiação solar (W/m^2) e

a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) durante o ciclo I e o ciclo II estão apresentadas na Figura 15.

A precipitação pluviométrica acumulada para o período do ciclo I foi de 656 mm, a distribuição ocorreu em 55 dias, com intervalos de 5 dias (Figura 15 a). Para este período, foi observado um desvio acentuado na climatologia local, pois o ano de 2022 estava sob efeito da La Niña (NOOA, 2023). Para o ciclo II a quantidade de chuva acumulada foi de 73 mm (Figura 15 b) uma diferença de 583 mm entre os ciclos. A mensuração da evapotranspiração de referência (Figura 15 c) observou um aumento na média do ciclo I para o ciclo II de 124%. A radiação solar média (Figura 15 d) para o ciclo I foi de $166 \text{ (W/m}^2\text{)}$ com índices mínimos no decorrer dos dias 31 a 41 e para o ciclo II a radiação média diária foi de $238 \text{ (W/m}^2\text{)}$.

Para o ciclo I as temperaturas mínimas e máximas (Figura 15 e) apresentaram valores médios de $22,7 \text{ }^\circ\text{C}$ e $31,7 \text{ }^\circ\text{C}$ e para o ciclo II a média mínima foi 25°C e a média máxima de $32 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 15 f) uma variação na mínima de $2,3 \text{ }^\circ\text{C}$ e na máxima de $0,3^\circ\text{C}$ entre os ciclos. Para a velocidade do vento (Figura 15 g) foram observadas as médias de $0,75 \text{ m/s}$ no ciclo I e $1,48 \text{ m/s}$ no ciclo II uma variação de 97%, quando a velocidade do vento é baixa ocorre a redução da taxa de transpiração e o aumento da resistência aerodinâmica nas folhas e com uma velocidade do vento maior ocorre uma maior remoção de vapor de água das folhas (ATAÍDE et al., 2015).





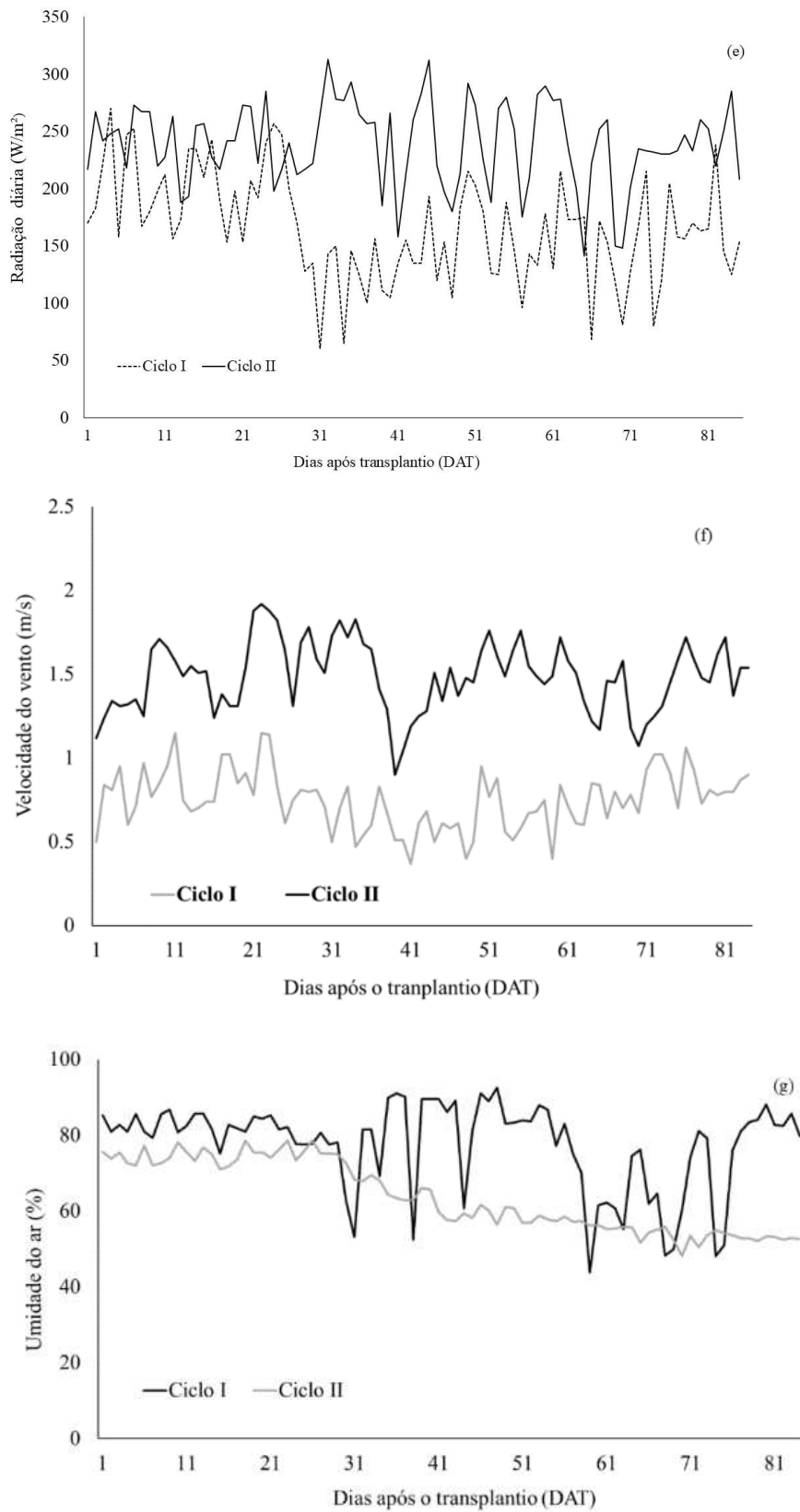


Figura 15. Dados meteorológicos para área de estudos: Precipitação pluviométrica (a)(b); temperatura mínima, média e máxima ciclo I (c), ciclo II (d); radiação solar (e); velocidade do vento (f); Umidade do ar (g).

5.1.2 Evapotranspiração da cultura (ETc), eficiência do uso da água (EUA) e o Coeficiente de cultivo (Kc)

Os valores acumulados da evapotranspiração da cultura (ETc) (mm) mensurados para a berinjela “Ciça” no ciclo I (sequeiro) bloco I foi de 136 mm e no bloco II 107,03 mm, uma diferença entre os blocos de 20%, sendo a ETc média diária no bloco I de 2,05 mm dia⁻¹ e no bloco II em 1,83 mm dia⁻¹. Para o Ciclo II os dados estão apresentados na Tabela 5, para o bloco I os tratamentos 329,3; 338,7; 334,7; 346,3; 340,0 mm T1, T2, T3, T4 e T5, para o bloco II 342,9; 323,9; 342,5; 344,6 e 348,1 mm T1, T2, T3, T4 e T5.

A eficiência no uso da água (EUA) foi estimada para os tratamentos do ciclo II (irrigado), quando correlacionados, os dados do bloco I com bloco II, constatou-se que os tratamentos do bloco I foram superiores aos do bloco II em 43%, 50%, 26%, 25%, e 43% T1, T2, T3, T4 e T5 (Tabela 5). O percentual do EUA variou conforme a maior produtividade e maiores reposições de lâminas de água por tratamento no bloco I em que T1 foi de 15,2 kg m⁻³ e T2 com 11,7 kg m⁻³, no bloco II T1 foi 8,5 kg m⁻³ e T2 5,8 kg m⁻³, os resultados mesmo para os tratamentos com déficit hídrico estão na média encontrada por outros autores como Ouma et al., (2024), que observaram um rendimento de 18 kg m⁻³ com maior lâmina de irrigação 100% e a menor produtividade de 6,2 kg m⁻³. Moursy et al. (2023), encontraram um rendimento de 6,88 kg m⁻³ e 6,76 kg m⁻³, para berinjela, respectivamente.

Tabela 5. Evapotranspiração da cultura (ETc) mm; Eficiência e uso da água (EUA)

Ciclo	Bloco	Tratamento	ETc (mm)	EUA média (kg m ⁻³)
Ciclo II	Bloco I	T1 100% da ETo	329,3	15,2
		T2 80% da ETo	338,7	11,7
		T3 60% da ETo	334,7	7,2
		T4 40% da ETo	346,3	5,2
		T5 20% da ETo	340,1	5,7
	Bloco II	T1 100% da ETo	342,9	8,5
		T2 80% da ETo	323,9	5,8
		T3 60% da ETo	342,3	5,3
		T4 40% da ETo	344,6	3,1
		T5 20% da ETo	348,1	3,2

O coeficiente de cultivo (Kc) para a berinjela foi resultante do experimento para o Ciclo II (irrigado) mensurados nos blocos I e II estão demonstrados na Tabela 6. Os

coeficientes encontrados para a berinjela no experimento estão próximos dos coeficientes referenciais. Para o solo franco arenoso no bloco I 0,63; 0,98; 1,10; 0,92 e para o solo areia franca no bloco II 0,53; 0,68; 1,05 e 0,79 nas condições climáticas do Semiárido.

Tabela 6. Coeficiente de cultivo da berinjela

Coeficiente de cultivo (Kc)				
Fases	Duração do ciclo em dias	MAROELLI (2008)	Kc Bloco I	Kc Bloco II
Inicial	14	0,60	0,63	0,53
Vegetativa	23	0,75	0,98	0,68
Produção	17	1,10	1,10	1,05
Maturação	31	0,75	0,92	0,79

5.1.3 Lâminas de irrigação, produtividade e produção

As lâminas de irrigação aplicadas para o ciclo II (irrigado) estão dispostas na Figura 16, a aplicação total da lâmina para o tratamento foi de T1 649 mm, já a aplicação da irrigação com déficit hídrico foi mensurada nos demais tratamentos aplicados em que T2 foi de 533 mm, T3 418 mm, T4 303 mm e T5 188 mm, em todos os tratamentos estão acrescidos do total da chuva ao longo dos 85 DAT que foi 73 mm, nos dias 38 a 43; 55 e 67 a 71 não foram realizadas irrigação devido as chuvas, então de acordo com evapotranspiração de referencia (ET_o) não houve a necessidade hídrica. As necessidades hídricas da berinjela dependem de fatores como as condições climáticas, duração do ciclo da cultura e dos sistemas de cultivo e de irrigação adotados, variando de 450 mm a 750 mm (MAROUELLI et al., 2014).

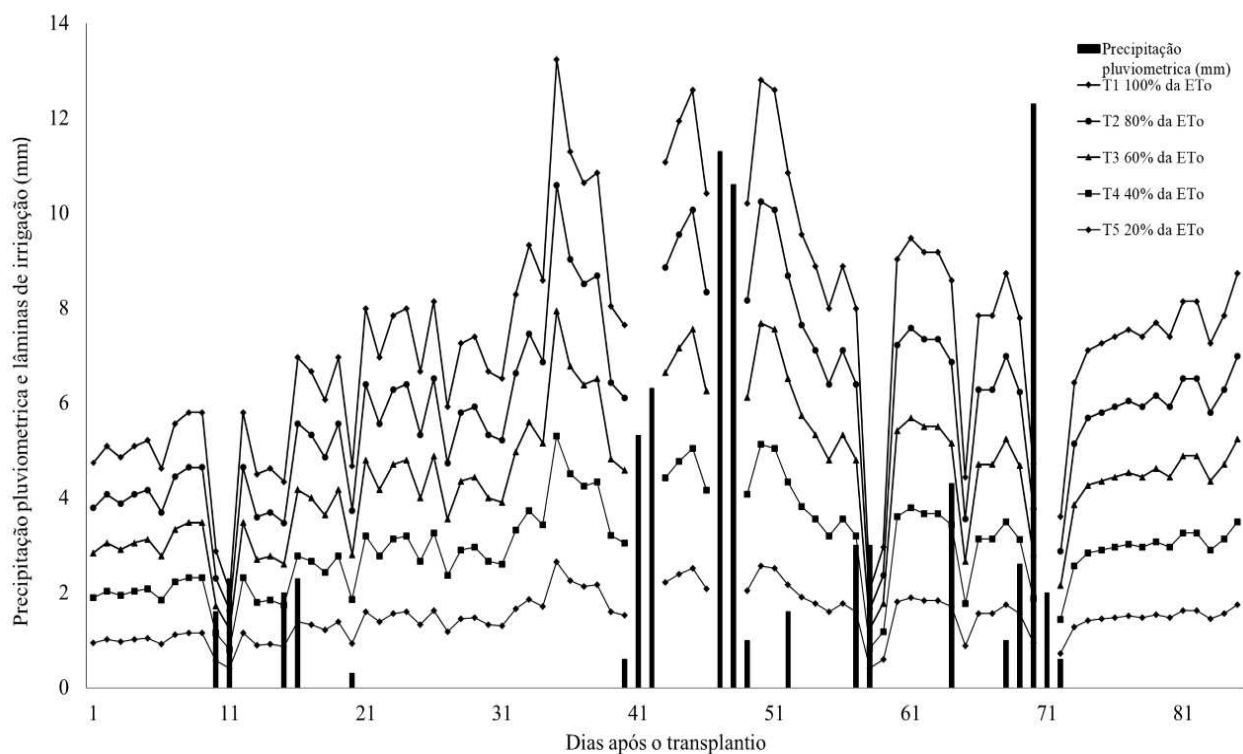


Figura 16. Lâminas de irrigação aplicadas para os tratamentos (mm) no ciclo II; precipitação pluviométrica (mm)

5.1.4 Características químicas, físicas e umidade volumétrica do solo

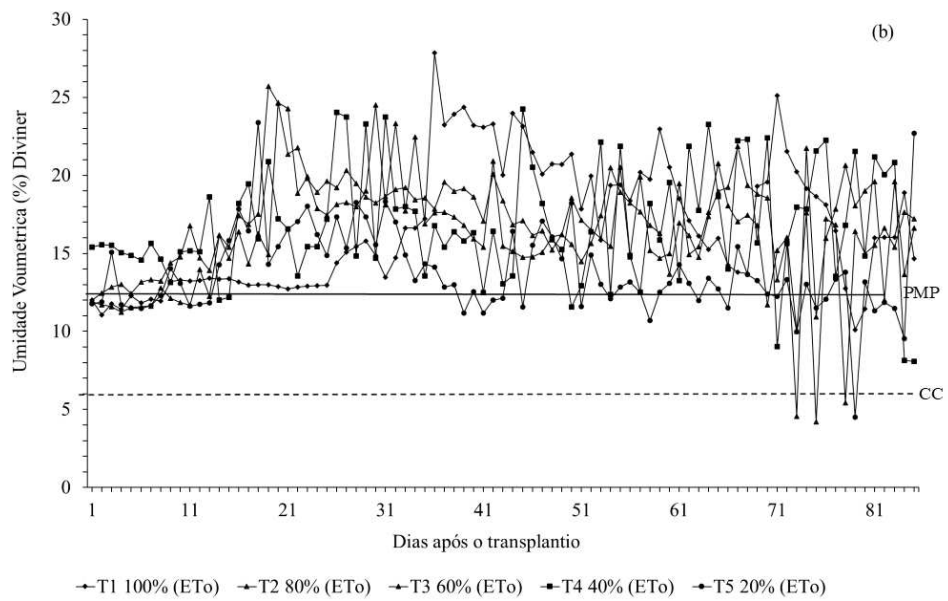
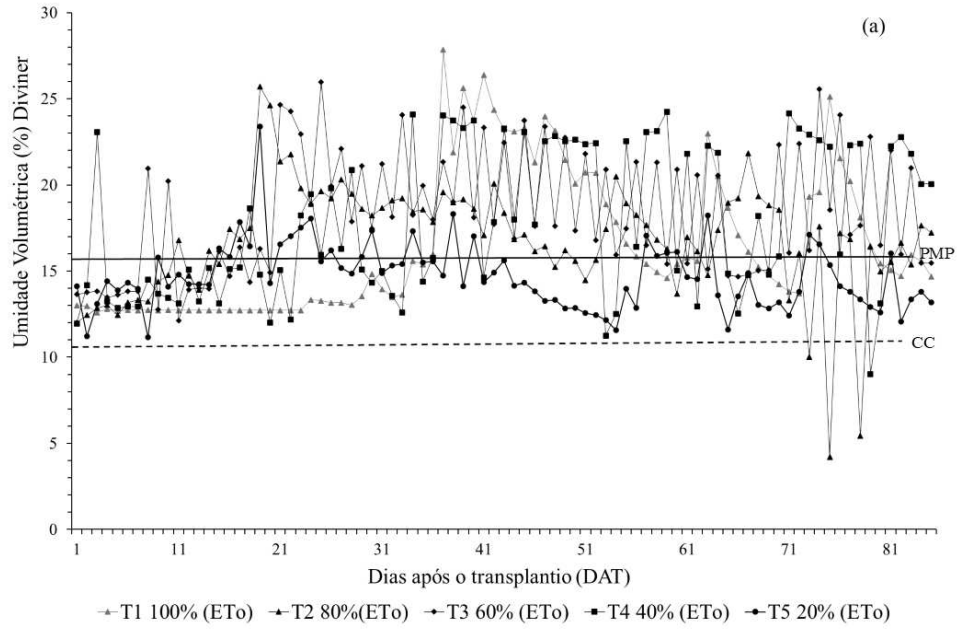
As características químicas e físicas do solo para o ciclo I e ciclo II estão apresentadas na Tabela 7. As análises físicas da área experimental caracterizaram que o solo do bloco I é de textura franca arenosa e o bloco II é de textura areia franca. No ciclo I bloco I a capacidade de campo foi de 16,68% e o ponto de murcha permanente de 10,98%. Para o bloco II a capacidade de campo foi de 11,31% e o ponto de murcha permanente 7,01%. Para o ciclo II bloco I a capacidade de campo foi de 15,72% e o ponto de murcha permanente de 6,41%, para o bloco II a capacidade de campo foi de 13,41% e o ponto de murcha permanente de 5,71%.

Tabela 7. Características química e físicas do solo das parcelas

Características Físicas	Bloco I	Bloco II
Classificação Textural	Franco arenoso	Areia franca
Densidade do solo g/cm³	1,32	1,32
Densidade de partículas g/cm³	2,64	2,65
Porosidade %	50,19	50
<u>Umidade (% base solo seco) Natural</u>	0,45	0,38
0,33 atm	15,72	13,41
15,0 atm	6,41	5,71
Água disponível	9,31	7,70
Características Químicas		
Cálcio (cmol dm⁻³)	2,65	2,88
Magnésio (cmol dm⁻³)	1,57	1,32
Sódio (cmol dm⁻³)	0,06	0,06
Potássio (cmol dm⁻³)	0,25	0,18
S (cmol dm⁻³)	4,53	4,44
Hidrogênio (cmol dm⁻³)	0,28	0,16
Alumínio (cmol dm⁻³)	0,00	0,32
T (cmol dm⁻³)	4,81	4,92
Carbono de Cálcio qualitativo	Ausência	Ausência
Carbono orgânico (%)	0,90	0,86
Matéria orgânica (%)	1,55	1,48
Nitrogênio (%)	0,09	0,09
Fósforo assimilável (mg dm⁻³)	52	31,2
pH (H₂O)		
Condutividade Elétrica (ds/m)	0,47	0,28
Salinidade	Não salino	Não salino

Os dados de umidade volumétrica (%) do solo estão apresentados na Figura 17. Foi observado para o ciclo I bloco I e ciclo II bloco II na Figura 17 (a) e 17 (c) que a capacidade de campo se manteve acima de 15% e a umidade volumétrica para todos os tratamentos mantiveram-se acima da capacidade de campo. Já para o bloco II Figura 17 (b) e 17 (d) em ambos os ciclos, a capacidade de campo se manteve abaixo de 15%.

Nesta pesquisa o bloco I ciclo II (irrigado) os tratamentos T1 e T2 mantiveram-se na capacidade de campo, os demais tratamentos abaixo da capacidade de campo, contudo não atingindo o ponto de murcha, apenas o tratamento T4 e T5 80 DAT atingiram o ponto de murcha, no bloco II ciclo II (irrigado) O tratamento T5 atingiu o ponto de murcha Figura 17 (d), porém a capacidade de campo do bloco 13,41%. Apesar dos resultados observados, mesmo quando submetido ao déficit hídrico, os tratamentos se mantiveram-se acima do ponto de murcha.



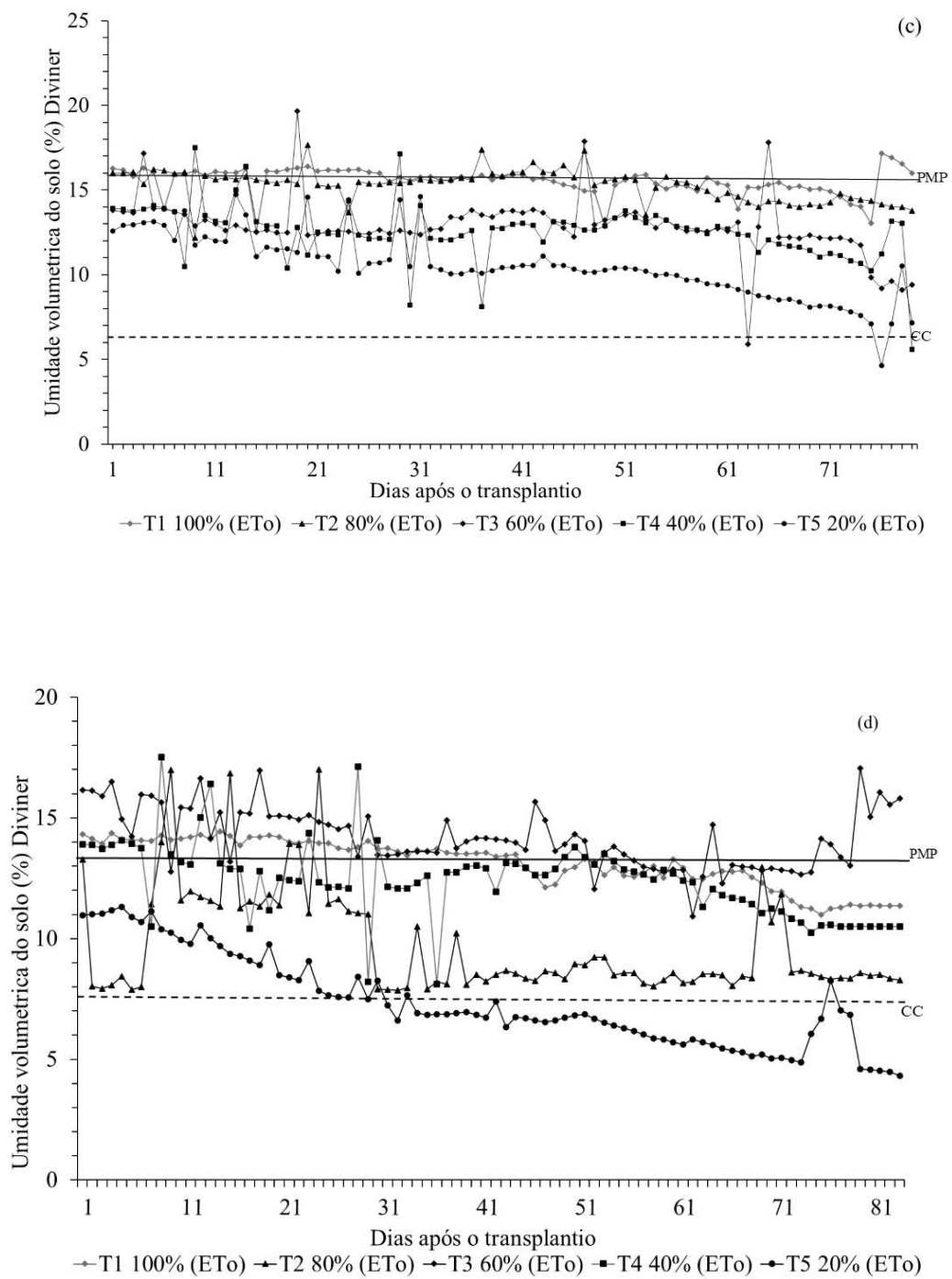


Figura 17. Umidade volumétrica do solo: Ciclo I Bloco I (a); Ciclo I Bloco II (b); Ciclo II Bloco I (c); Ciclo II Bloco II (d)

5.1.5 Produtividade da berinjela

A produtividade observada para o ciclo I, bloco I, figura 17 A e no bloco II figura 17B. Para o ciclo II, bloco I figura 17C e bloco II Figura 17D. Verificou-se na produtividade diferenças significativas entre as distribuições dos tratamentos pelo teste de comparação entre as médias de Tukey a 5% para a produção da berinjela no ciclo I (sequeiro) e ciclo II (irrigado). No ciclo I bloco I (Figura 17 A) a produtividade média para os tratamentos T1 foi 5,33 kg m² , T2 4,0 kg m² , T3 4,0 kg m² , T4 9,0 kg m² e T5 6,0 kg m² , para o ciclo I bloco II (Figura 17 B) a produtividade para os tratamentos T1 foi 3,3 kg m² , T2 2,3 kg m² , T3 5,3 kg m² , T4 6,3 kg m² e T5 6,3 kg m².

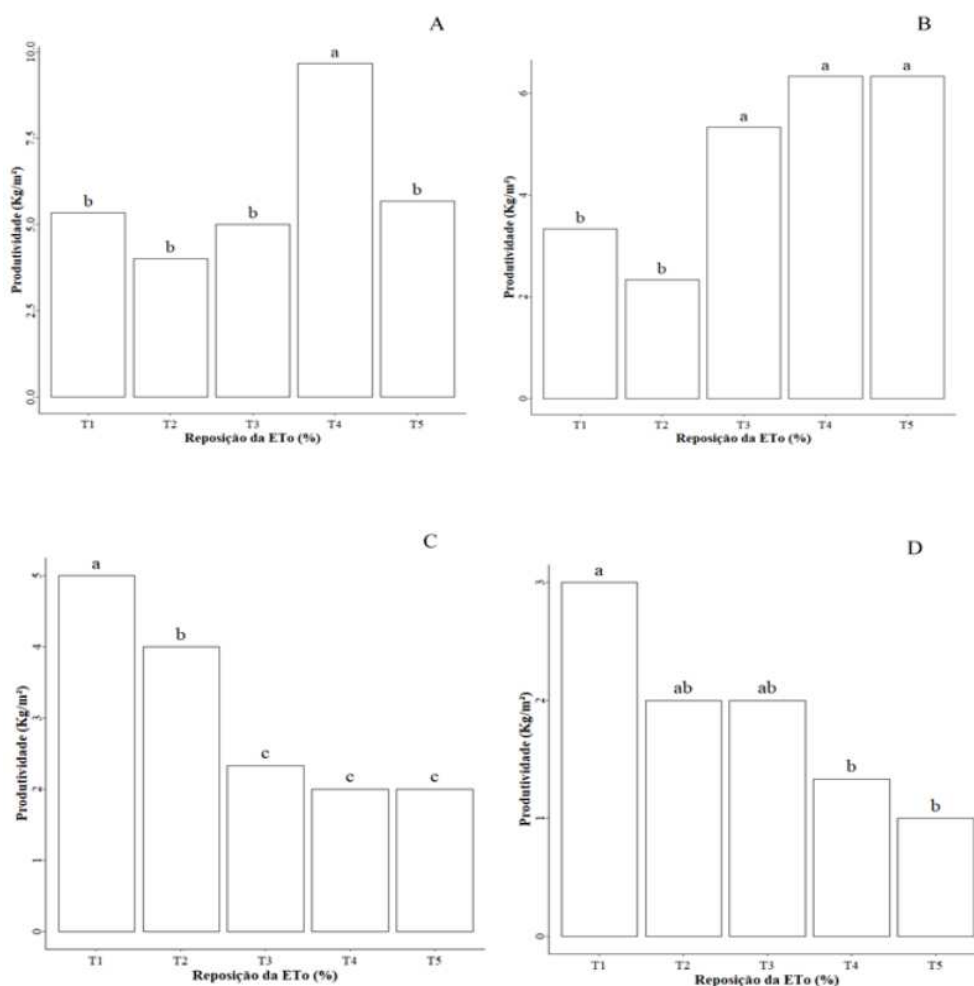


Figura 18. Teste Tukey para produtividade (kg m²) da berinjela Tratamentos T1 100%, T2 80%, T3 60%, T4 40% e T5 20% da (ETc) Ciclo I Bloco I (18A); Bloco II (18B), Ciclo II Bloco I (18C); Bloco II (18D). *Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (F = 5%)

Quando correlacionado os dados de produtividade do ciclo I bloco I com a produtividade do ciclo II Bloco I Figura 18 (c) observa-se no ciclo I bloco I que os tratamentos T1 produziu 6,1%, T3 53,4%, T4 79%, T5 64% resultante de uma produtividade maior e para o tratamento T2 a produtiva entre os blocos não foi significativa. Analisou-se a correlação do ciclo I bloco II com a produtividade do ciclo II bloco II Figura 18 (d) para todos os tratamentos, os valores mensurados foram significativos para o bloco I, isto é, T1 foi 9%, T2 14%, T3 62%, T4 78% e T5 84% com maior produtividade, assim em ambos os ciclos, o bloco I foi mais produtivo seja em sequeiro ou irrigado.

Foi estimada com base na produtividade a produção para 1 hectare, para o ciclo I em sequeiro apresentou os melhores resultados quando estimada a produção por hectare, os fatores meteorológicos também influenciaram diretamente no ambiente. Ao estimar a produção média para o ciclo I bloco I os resultados mensurados para T1 foi 37 ton ha⁻¹, T2 28,6 ton ha⁻¹, T3 36,6 ton ha⁻¹, T4 70,3 ton ha⁻¹ e T5 40,3 ton ha⁻¹ a produção foi superior em relação ao ciclo II bloco I com diferenças significativas de 17% (T2), 45% (T3), 72% (T4) e 64% (T5) para os tratamentos com déficit hídrico, respectivamente. Os valores estimados de produção para o ciclo I bloco II em que T1 foi 26,6 ton ha⁻¹, T2 20 ton ha⁻¹, T3 42 ton ha⁻¹, T4 47 ton ha⁻¹ e T5 46 ton ha⁻¹ quando correlacionado com ciclo II bloco II os tratamentos do bloco I foram superiores ao bloco II em que T1 foi 42%; T2 52%; T3 25%; T4 26% e T5 42%. Moursy et al. (2023), observaram uma produção de 41,61 ton ha⁻¹ e Ouma et al., (2024), observaram uma produção de 39,1 ton ha⁻¹ ambos em condições com suprimento de água 100% atendendo as necessidades hídricas da berinjela.

5.1.6 Análise de morfométrica das plantas e frutas de berinjela

Os dados de altura e diâmetro das plantas para o ciclo I e o ciclo II estão dispostos na Tabela 8, as leituras foram realizadas aos 45, 60 e 80 dias após o transplântio (DAT), foram mensurados as médias para os tratamentos T1 100% da ETo, T2 80% da ETo, T3 60% da ETo, T4 40% da ETo e T5 20% da ETo, respectivamente.

Tabela 8. Média dos dados morfométricos de altura e diâmetro das plantas para o ciclo I e ciclo II

Ciclo I						
Bloco I						
Tratamento	Altura das plantas (cm)			Diâmetro do caule (mm)		
	45 DAT	60 DAT	80 DAT	45 DAT	60 DAT	80 DAT
100% da ETo	27	57	86	5	12	16
80% da ETo	23	62	79	5	14	17
60% da ETo	27	65	87	5	13	17
40% da ETo	27	60	92	5	12	16
20% da ETo	24	64	99	5	13	19
Bloco II						
100% da ETo	28	65	86	6	13	15
80% da ETo	27	57	76	6	11	13
60% da ETo	42	77	109	8	15	19
40% da ETo	27	74	104	6	14	17
20% da ETo	25	75	105	7	15	19
Ciclo II						
Bloco I						
Tratamento	Altura das plantas			Diâmetro do caule		
	45 DAT	60 DAT	80 DAT	45 DAT	60 DAT	80 DAT
100% da ETo	28	62	88	10	12	14
80% da ETo	31	70	112	9	13	15
60% da ETo	28	57	90	9	12	13
40% da ETo	29	54	93	9	12	13
20% da ETo	29	55	75	9	11	13
Bloco II						
100% da ETo	35	60	95	8	10	13
80% da ETo	39	62	95	9	11	13
60% da ETo	30	50	76	9	12	15
40% da ETo	29	58	78	8	11	13
20% da ETo	29	52	75	9	11	12

Com base nos dados da morfometria das plantas de berinjela para o Ciclo I bloco I não variou significativamente entre as parcelas, mas quando correlacionados os dados de altura das plantas com as parcelas do bloco II aos 80 DAT (dias após o transplante) ocorreu uma variação de melhor desempenho para o bloco II entre os tratamentos T3 que foi de 24%, T4 12% e T5 6,5% os demais tratamentos não foram representativos. De

acordo com Carvalho et al. (2004), observaram que o aumento do déficit hídrico ocasionou a redução dos valores das variáveis de altura das plantas, diâmetro de caule e número de folhas, em todas as épocas avaliadas. Em condições extremas de escassez hídrica Wakchaure et al. (2020), observaram que o amadurecimento das plantas de berinjelas foi inviável, assim precisando da suplementação por meio da irrigação.

Para o ciclo II a variação quando correlacionados os dados de altura dos indivíduos do bloco I foi significativa para o T2 em que variou com 15%, T3 18% e T4 19% com maiores alturas. Os demais tratamentos não apresentaram variação significativa. A irrigação de berinjelas aumenta significativamente seus rendimentos em meio às mudanças climáticas (OUMA et al., 2024). O diâmetro do caule aumentou com a maior disponibilidade de água e com os fatores meteorológicos para o ciclo chuvoso, para o ciclo I em sequeiro foi observado nas parcelas uma variação para a parcela T3 bloco I com a média mínima de 13 mm e no bloco II a média foi de 17 mm. Para o ciclo II (irrigado) os menores diâmetros médios do caule de 13 e 12 mm foram em T5 bloco I e bloco II, respectivamente, no entanto, o diâmetro médio do caule de T3, T4 no bloco I e T1, T2 e T4 no bloco II não foi significativamente diferente de T5.

A morfometria dos frutos para o Ciclo I e Ciclo II estão apresentados na Tabela 9. Para o Ciclo I a variação entre os blocos para o diâmetro médio menor foi de 20 cm para todas as parcelas, já para a média maior variou de 22 a 24 cm nas parcelas. O comprimento médio menor foi de 20 cm e o maior de 24 cm. Para o Ciclo II o tratamento com maior diâmetro médio foi T5 com 23 cm no bloco I e T1 com 23 cm no bloco II, para comprimento médio o T2 foi menor com 17 cm, os demais tratamentos ficaram com uma média de 20 cm.

O número de frutos no ciclo I foi significativo no tratamento T4 no bloco I com 66 frutos com a média de peso de 429 g, no bloco II o tratamento T5 com 47 frutos, com uma média de peso de 393 g. No ciclo II o maior número no tratamento T2 com 38 frutos, peso médio de 300 g, e no bloco II o tratamento T1 com 27 frutos e peso médio de 323 g. Segundo et al., 2023, observaram que ao fornecer 100% e 80% da necessidade hídrica para berinjela resultou em um número significativamente número maior de frutos

Tabela 9. Média dos dados morfométricos de comprimento e diâmetro, peso e número de frutos para os frutos da berinjela no ciclo I e Ciclo II

Ciclo I				
Bloco I				
Tratamento	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)	Número de frutos
100% da ETo	20	23	343	44
80% da ETo	20	22	345	34
60% da ETo	20	24	423	35
40% da ETo	21	24	429	66
20% da ETo	20	22	363	45
Bloco II				
100% da ETo	20	23	364	30
80% da ETo	19	20	284	19
60% da ETo	20	22	367	46
40% da ETo	21	25	419	45
20% da ETo	20	21	393	47
Ciclo II				
Bloco I				
Tratamento	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)	Número de frutos
100% da ETo	22	18	300	31
80% da ETo	21	17	300	38
60% da ETo	22	20	341	26
40% da ETo	22	20	309	17
20% da ETo	23	20	340	29
Bloco II				
100% da ETo	23	19	323	27
80% da ETo	21	19	321	13
60% da ETo	22	20	341	21
40% da ETo	21	19	307	15
20% da ETo	20	17	277	14

5.1.8 Validação do modelo AquaCrop

Após a calibração foi realizada a validação do AquaCrop aplicando as análises estatísticas utilizadas para validação do modelo, correlacionando os valores observados em campo e os simulados para a berinjela para os tratamentos de 100%, 80%, 60%, 40%

e 20% da ETo para o ciclo I e para o ciclo II na Tabela 11, para o ciclo I e ciclo II nos blocos I e II o coeficiente de determinação (R^2) para a produtividade de frutos variou entre 1 e 0,99 e para a biomassa para ambos foi de 0,99, com valores próximos de 1 considerado uma ótima concordância. Já para a raiz do quadrado médio (RMSE) para produtividade e biomassa no bloco I, ciclo I foi de 0,54 e 0,24 e, para o bloco II foi de 0,93 e 0,16. Já para o ciclo II, bloco I foi de 0,67 e 0,19 e para o bloco II foi de 0,33 e 0,17.

Para a raiz do erro quadrado médio normalizado (NRMSE- %) para a produtividade e a biomassa no bloco I foi de 1,29% e 3,4% e para o bloco II 2,7% e 2,6%, para o ciclo II, bloco I foi de 2,24% e 3%, bloco II foi de 1,85% e 2,27%, em que se uma simulação é considerada com o resultado excelente quando o resultado for menor que 10%.

O coeficiente de eficiência do modelo de Nash-Sutcliffe (EF) de produtividade e biomassa foram próximos de 1, para o ciclo I, bloco I foi de 0,97 e 0,99 e bloco II 0,92 e 0,97, para o ciclo II, bloco I e bloco II foi de 0,99, respectivamente. Sendo considerado EF de 1 uma excelente correlação entre os valores observados e os simulados pelo modelo (FAO, 2023). Contudo, o Índice de Willmott's (d), para ambos os ciclos e para todos os blocos foram 0,99 para produtividade e biomassa, em que 1 indica uma perfeita concordância entre os valores observados em campo e os simulados.

Tabela 10. Análise estatísticas para validação do modelo AquaCrop

Ciclo I				
Indicadores estatísticos	Bloco I		Bloco II	
	Produtividade frutos	Biomassa	Produtividade	Biomassa
R²	1	0,99	0,97	0,99
RMSE	0,54	0,24	0,93	0,16
NRMSE (%)	1,29	3,4	2,7	2,6
EF	0,97	0,99	0,92	0,977
d	0,99	0,99	0,99	0,99
Ciclo II				
Indicadores estatísticos	Bloco I		Bloco II	
	Produtividade frutos	Biomassa	Produtividade	Biomassa
R²	0,99	0,99	0,99	0,99
RMSE	0,67	0,19	0,33	0,17
NRMSE (%)	2,24	3	1,85	2,27
EF	0,99	0,99	0,99	0,99
d	0,99	0,99	0,99	0,99

Os resultados mensurados após a calibração e validação do modelo AquaCrop afirmam a sua eficiência na previsibilidade produtiva da berinjela e auxílio em futuros projetos agrícolas para regiões de clima semiárido.

6. CONCLUSÕES

A pesquisa analisou o cultivo e o desenvolvimento da cultura de berinjela para duas épocas de plantio em sequeiro e com aplicação de lâminas de irrigação com as determinadas porcentagens da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método FAO 56, os resultados mostraram-se viáveis, pois a cultura se desenvolveu com eficiência em ambos os ciclos, no ciclo II os tratamentos com melhor produtividade foi 100% de ET_o. Para os dados meteorológicos, as variações nos fatores climáticos mensurados impactam diretamente no desenvolvimento fisiológico e produtivo da berinjela, em que foram mensurados o coeficiente de cultivo (K_c) e a evapotranspiração real da cultura (ET_c). A parametrização para a cultura da berinjela foi realizada, pois não existia no banco de dados do software AquaCrop, foi mensurada a eficiência por meio da calibração e validação por meios estatísticos. A cultura de berinjela mostrou-se agronomicamente viável em termos produtivos para a região de estudo em clima semiárido.

7. REFERÊNCIAS

- Agência Executiva de Gestão das Águas. **Relatório Anual Hidrológico sobre a situação dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba 2008-2009**. Disponível em:> <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/relatorios/relatorio-hidrologico/><Acesso em: 20 de abril 2021.
- ALEXANDRA, B., HORGOS, A., MARIA, D., POPA, D., BALINT, M. The impact of organic fertilizers and bioregulators upon the productive and qualitative potential of some eggplant hybrids. **Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology**, 20(2), 21-27, 2016.
- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO **Irrigation and drainage paper 56**. FAO, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- ALLEN, R. G., PRUITT, W. O., WRIGHT, J. L., HOWELL, T. A., VENTURA, F., SNYDER, R., ELLIOTT, R. recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO 56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, v. 81, n. 1-2, p. 1-22, 2006.
- ALLEN, R.G., L.S. PEREVA., D. RAES, M. SMITH. Crop evapotranspiration: uidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage Paper n. 56**. FAO, Rome, Italy, pp 300, 1998. ISBN 92-5-104219-5
- ALVI, S., KHAN, K. M., SHEIKH, M. A., SHAHID, M. Effect of peeling and cooking on nutrients in vegetables. **Pakistan Journal of Nutrition**, 2(3), 189-191. ,2003. Doi: <https://dx.doi.org/10.3923/pjn.2003.189.191>
- AMES, B. N., SHIGENAGA, M. K., HAGEN, T. M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the **National Academy of Sciences**, 90(17), 7915-7922, 1993. Doi: <https://dx.doi.org/10.1073%2Fpnas.90.17.7915>
- ANA-Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**- 2. ed. Brasília: ANA, 2021. 130 p.: il. ISBN: 978-65-88101-10-0

- ATAÍDE, G. D. M., CASTRO, R. V. O., CORREIA, A. C. G., REIS, G. G. D., REIS, M. D. G. F., ROSADO, A. M. Interação árvores e ventos: aspectos ecofisiológicos e silviculturais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 523-536, 2015.
- BAIO, F. H., RODRIGUES, A. D., SANTOS, G. S. D., SILVA, S. P. D. Modelagem matemática para seleção de conjuntos mecanizados agrícolas pelo menor custo operacional. **Engenharia Agrícola**, v. 33, p. 402-410, 2013.
- BECKER, C. T., MELO, M. M. M. S., COSTA, M. N. M. Desempenho temporal de séries pluviométricas no estado da Paraíba: uma análise comparativa. I Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro, **REALIZE**. 2013, Vol. 1, pp. 1-5.
- BELTRAO, N. D. M., OLIVEIRA, M. I. P. Diferenciação na produção de energia entre oleaginosas (metabolismo C3) e energéticas (C4). **Embrapa Algodão**. Documentos, 2008.
- BEZERRA, F. C. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. Embrapa Agroindústria Tropical-Docmentos (**INFOTECA-E**), 2003.
- BILIBIO, C., CARVALHO, J. A., MARTINS, M., REZENDE, F. C., FREITAS, E. A., GOMES, L. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 730-735, 2010.
- BONNEAU, V.; COPIGNEAUX, B.; PROBST, L.; PEDERSEN, B. **Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects**. European Commission, 2017.
- BOOTE, K. J., JONES, J. W., PICKERING, N. B. POTENTIAL USES AND LIMITATIONS OF CROP MODELS. **AGRONOMY JOURNAL**, V. 88, N. 5, P. 704-716, 1996. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800050005x>
- BORGHETTI, J. R., SILVA, W. L. C., NOCKO, H. R., LOYOLA, L. N., CHIANCA, G. K. Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias. **FAO**, Brasília, 2017.
- BRAGA, F. M., FERREIRA, E. A., CABRAL, C. M., DE FREITAS, I. C., MACIEL, J. C., FREITAS, M. S. S., SAMPAIO, R. A. Revisão: Crescimento de plantas C3 e

C4 em resposta a diferentes concentrações de CO₂. *Research, Society and Development*, 10(7), 2021.

BRAINER, M. S. D. C. P. **Informe Setorial de Hortaliças**, 2019. Disponível em:> <http://www.bnb.gov.br/etene> <Acesso em: 05 de abril de 2021.

BRASIL. Decreto 9.841, de 18 de junho de 2019. Dispõe sobre o Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18 junho 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9841.htm Acesso em: 05 de abril de 2021.

BRUNINI, O. Quantificação das necessidades hídricas de culturas para manejo da irrigação - Métodos agro meteorológicos. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - **boletim técnico**- agro meteorológico), 1998.

CARVALHO, D. F. D., LIMA, M. E. D., OLIVEIRA, A. D. D., ROCHA, H. S. D., GUERRA, J. G. Crop coefficient and water consumption of eggplant in no-tillage system and conventional soil preparation. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 784-793, 2012.

CARVALHO, M. M. S.; LINO, L. L. A. Evaluation factors featuring eggplant (*Solanum melongena* L.) as a functional food. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr., J. Brazilian Soc. Food Nutr.*, São Paulo, SP, v. 39, n. 1, p. 130-143, abr. 2014.

CASAI, L. K. N.; BORGES, L. S. Produção de berinjela orgânica. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, 07 maio 2020. Disponível em:> <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-berinjela-organica/><Acesso em: 12 de abril de 2021.

CLEMENTE, F.M.V.T. Produção de hortaliças para agricultura familiar. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 108p., 2015. ISBN: 978-85-7035-412-9

COELHO, E. F.; DA SILVA, A. J. P. Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documents (**INFOTECA-E**), 2013.

COELHO, R. D., TEIXEIRA, M. B., RIBEIRO, P. H. P., DE CARVALHO, L. C. C., DA SILVA, N. F., CUNHA, F. N. Distúrbios de vazão em gotejadores devido o uso de

água com presença de ferro. **REVISTA BRASILEIRA DE AGRICULTURA IRRIGADA-RBAI**, v. 8, n. 3, p. 234-246, 2014.

CONAB-Comercialização total de frutas e hortaliças, v.4. Brasília: Conab,2020- Anual Disponível em:>www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort <Acesso em: 10 de abril de 2021. ISSN: 2595-2838

CORRÊA, S. T. R., LORENÇONI, R., DOURADO NETO, D., SCARPARE, F. V., VIVIAN, R., RUIZ, E. T. Aplicações e limitações da modelagem em agricultura: revisão. **Revista de Agricultura**, v. 86, n. 1, p. 1-13, 2011.

COTRIM, C. E., COELHO, E. F., SILVA, J. A., COELHO FILHO, M. A., SANTOS, M. R. IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT CONTROLADO E PRODUTIVIDADE DE MANGUEIRA ‘TOMMY ATKINS’ SOB GOTEJAMENTO. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2229, 2017.

DOORENBOS J., KASSAM A.H. Yield Response to Water. Irrigation & Drainage Paper No 33, FAO, Rome. 1979.

DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. "Crop water requirements." FAO irrig. and drain. paper No. 24, 2nd Ed., **Food and Agricultural Org. of UN**, Rome, Italy. 1977.

DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. "Crop water requirements." FAO irrig. and drain. paper No. 24, 2nd Ed., **Food and Agricultural Org. of UN**, Rome, Italy. 1977.

DUARTE, G. R. B. Consumo hídrico da berinjela (*Solanum Melongena L.*) em ambiente protegido: medida e estimativa através de métodos combinados. 2002. Disponível em:> <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744097005.pdf><Acesso em: 13 de abril de 2021.

DUARTE, J. G. P., FARIAS, A. A. D., SOUSA, F. D. A. S. D., SOUZA, J. T. A., RAMOS, M. M. Q. Secas e Impactos na Agropecuária no Município de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 289-297, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-7786332008>

EMBRAPA HORTALIÇAS -Sistemas de Produção Disponível em:> <https://www.embrapa.br/hortalicas/berinjela/como-plantar-berinjela><Acesso em: 05 de março de 2021.

- EMBRAPA. Custo de produção. 2015 Disponível em:><https://www.embrapa.br/hortalicas/berinjela/custos-de-producao> <Acesso em: 12 de abril de 2021.
- EMBRAPA. Visão 2030. O futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. ISBN 978-85- 7035-799- 1
- FAO. 2009. ETo calculator. Land and Water **Digital Mídia** Ser. 36. FAO, Rome
- FAOESTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Disponível em em:><http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>< Acesso em:12 de abril de 2021.
- FAULIN, E. J.; AZEVEDO, P. F. Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise das transações. **Informações Econômicas**, v. 33, n. 11, p. 24-37, nov. 2003.
- FORTI, C.; OTTOBRINO, V.; DORIA, E.; BASSOLINO, L.; TOPPINO, L.; ROTINO G. L.; PAGANO, A.; MACOVEI, A.; BALESTRAZZI, A. Hydropriming Applied on Fast Germinating Solanum villosum Miller Seeds: Impact on Pre-germinative Metabolism. **Front. Plant**, 2021. doi: 10.3389/fpls.2021.639336
- FOSTER, T., BROZOVIC, N., BUTLER, A. P., NEALE, C., RAES, D., STEDUTO, P., FERERES, E. AND HSIAO, T. C. AquaCrop-OS: An open-source version of FAO's crop water productivity model. **Agricultural Water Management**, 2016.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Climatologia do estado da Paraíba. **Campina Grande: EDUFPG**, p. 79, 2017.
- GHANI, MA; ABBAS, MM; ZIAF, K; AZAM, M; ALI, B; AMJAD, M; ANJUM, R; NOOR, A; ZAHID, M. Production and characterization of inter and intraspecific hybridization eggplant. **Horticultura Brasileira** 38: 407-414, 2020 Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536202004011>
- GONÇALES FILHO, M., NUNHES, T. V., BARBOSA, L. C. F. M., DE CAMPOS, F. C., DE OLIVEIRA, O. J. Opportunities and challenges for the use of cleaner production to reduce water consumption in Brazilian sugar-energy plants. **Journal of Cleaner Production**, 186, 353–363, 2018. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.114

- GONZALEZ-LAVAUT, J. A.; MONTES DE OCA-ROJAS, Y.; DOMINGUEZ-MESA, M. I. Breve reseña de la especie *Solanum melongena* L. **Rev Cubana Plant Med.**, Ciudad de la Habana, v. 12, n. 3, sept. 2007. Disponível em <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-7962007000300006&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 03 de abril 2021.
- GUTIERRES, M. I., NEVES, E. a importância do monitoramento da umidade do solo através de sensores para otimizar a irrigação nas culturas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 18, n. 35, 2021. DOI: 10.18677/EnciBio_2021A1
- HENG, L. K., HSIAO, T., EVETT, S., HOWELL, T., STEDUTO, P. Validating the FAO AquaCrop model for irrigated and water deficient field maize. **Agronomy journal**, 101(3), pag. 488-498. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2008.0029xs>
- HENZ, G. P.; SILVA, C. Conservação de frutos de berinjela cv. Ciça através de refrigeração e embalagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30(2), 152-162. 1995.
- HSIAO, T.C., L.K. HENG, P. STEDUTO, B. ROJAS-LARA, D. RAES, E. FERERES. AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. **Agron. J.**, 2009. 101:448–459. doi:10.2134/agronj2008.0218s
- HUETE, A. R., LIU, H. An error and sensitivity analysis of the atmospheric- and soil-correcting variants of the NDVI for the MODIS-EOS. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 32, 897–905, 1994.
- IBGE. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006_segunda_apuracao/default.shtm. <Acesso em: 05 de abril 2021.
- IBGE. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: ><https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/9025#resultado><Acesso em: 04 de novembro de 2023.
- ISLA SEMENTES LTDA. Berinjela Ciça. Disponível em: <https://www.isla.com.br/produto/berinjela-hibrida-cica/58>. Acesso em: 10 de março de 2021.

- JAFARI, M., KAMALI, H., KESHAVARZ, A., MOMENI, A. Estimation of evapotranspiration and crop coefficient of drip-irrigated orange trees under a semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, 248, 106769, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106769>
- KANDOLIYA, U. K., BAJANIYA, V. K., BHADJA, N. K., BODAR, N. P., GOLAKIYA, B. A. Antioxidant and nutritional components of eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit grown in Saurashtra region. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 4(2), 806-813, 2015. ISSN: 2319-7706
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. 1990.
- KELLER, J.; KARMELEI, D. Trickle irrigation design. California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- KNAPP S., VORONTSOVA M.S., PROHENS J. Wild Relatives of the Eggplant (*Solanum melongena* L.: Solanaceae): New Understanding of Species Names in a Complex Group. *PLoS ONE* 8(2): e57039, 2013. doi:10.1371/journal.pone.0057039
- LAFAYETTE, F. B., MONTENEGRO, S. M. G. L., COUTINHO, A. P., SOARES, W., ANTONINO, A. C. D., SILVA, B. B. D., RABELO, A. E. C. D. G. D. C. Experimentation and modeling of soil evaporation in underground dam in a semiarid region. *RBRH*, v. 24, 2019. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.2431920170167>
- LEPRIEUR, C., KERR, Y. H., MASTORCHIO, S., & MEUNIER, J. C. Monitoring vegetation cover across semi-arid regions: Comparison of remote observations from various scales. **International Journal of Remote Sensing**, 21, 281–300, 2000.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia (ESALQ/USP), v. 1, p. 497, 1995.
- LIMA, M. E. D., CARVALHO, D. F. D., SOUZA, A. P. D., ROCHA, H. S., GUERRA, J. G. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 604-610, 2012.
- LIN, E., QIU, R., CHEN, M., XIE, H., KHURSHID, B., MA, X., LUO, Y. Assessing forecasting performance of daily reference evapotranspiration: A comparative analysis of

- updated temperature penman-monteith and penman-monteith forecast models. **Journal of Hydrology**, v. 626, p. 130317, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130317>
- LOPES, J. D. S., LIMA, F. Z., FERENC, CARLOS H. R. “Projeto de irrigação localizada” Viçosa, MG, CPT, 237 p, 2017.
- MAGALHÃES, I. D., LYRA, G. B., DE SOUZA, J. L., JUNIOR, C. A. C., SOUZA FERRAZ, R. L. Simulação da biomassa do feijoeiro pelo AquaCrop FAO NA REGIÃO DE RIO LARGO–AL, 2017.
- MANFRINATO, H. A. A irrigação por gotejamento I parte: influência sobre as relações solo-água. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 31, p. 35-49, 1974.
- MANTOVANI, E. C., BERNARDO, S., PALARETTI, L. F.: Irrigação: Princípios e métodos. 3ª edição atual. Viçosa: Ed. UFV, 2009. ISBN:978-85-7269-373-8
- MANUAL DIVINER 2000 User Guide Version 1.5 Disponível em:> https://www.fondriest.com/pdf/sentek_diviner_manual.pdf <Acesso em: 05 de março de 2021.
- MARQUELLI, W. A., BRAGA, M. B., DA SILVA, H. R., RIBEIRO, C. D. C. Irrigação na cultura da berinjela. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2014. ISNN 1415-3033 Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1007669> Acesso em: 13 de março de 2021.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. 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. ISBN 978-85-773834284.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, WL de C.; SILVA, H. R. Irrigação por aspersão em hortaliças. Brasília DF: **Embrapa Informação Tecnológica**. Portuguese, 2008. ISBN 978-85-7035-648-2
- MARSIC, N. K., MIKULIK-PETKOVSEK, M., AND STAMPAR, F. Grafting influences phenolic profile and carpometric traits of fruits of greenhouse-grown

- eggplant (*Solanum melongena* L.). **J. Agric. Food Chem.** 62, 10504–10514, 2014.
doi: 10.1021/jf503338m
- MASSRUHÁ, S. M. F. S., LEITE, M. D. A., LUCHIARI JUNIOR, A., EVANGELISTA, S. R. M.. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. **Embrapa Agricultura Digital-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.
- MATSUBARA K, KANEYUKI T, MIYAKE T, MORI M. Antiangiogenic activity of nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels. *J Agric Food Chem.* 2005 Aug 10;53(16):6272-5. doi: 10.1021/jf050796r.
- MATSUNAGA, W. K.; Evapotranspiração, coeficiente de cultivo e modelagem agrometeorológica da cebola cultivada no semiárido nordestino. 2019. Dissertação. (mestrado em meteorologia) - UFCG-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/11353> Acesso em: 05 de abril de 2020.
- METEOROLOGIA (ESALQ/USP), v. 1, p. 497, 1995.
- MONTEIRO, J. E. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 2009. ISBN: 978-85-62817-00-7
- MOURA, D. C. M., DE ASSUNÇÃO CARVALHO, J. Efeitos de diferentes lâminas e teores de sais na água de irrigação sobre o desenvolvimento e produção da berinjela. **Irriga**, v. 19, n. 1, p. 35-45, 2014.
- MOURA, D. C. M., DE ASSUNÇÃO CARVALHO, J. Efeitos de diferentes lâminas e teores de sais na água de irrigação sobre o desenvolvimento e produção da berinjela. **Irriga**, 19(1), 35-45, 2014. ISSN 1808-3765
- OLIVEIRA, F. D. A. D., MEDEIROS, J. F. D., ALVES, R. D. C., LINHARES, P. S., MEDEIROS, A., DE OLIVEIRA, M. K. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 480-486, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000500003>

- OUMA, G., WANYAMA, J., KABENGE, I., JJAGWE, J., DIANA, M., MUYONGA, J. Assessing the effect of deficit drip irrigation regimes on crop performance of eggplant. **Scientia Horticulturae**, v. 325, p. 112648, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112648>
- PAGE, A., GIBSON, J., MEYER, R. S., CHAPMAN, M. A. Eggplant domestication: pervasive gene flow, feralisation and transcriptomic divergence. **Molecular Biology and Evolution**, 2019. doi:10.1093/molbev/msz062
- PASTANA, R. F.; VIEIRA, G. H. C; MACHADO, P. P. Uso da própolis no controle “in vitro” do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* causador da antracnose em berinjela. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 12–15, jan./mar., 2016. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i1.654>
- PILAU, F. G., MARIN, F. R. Agrometeorologia digital: as bases biofísicas para a revolução digital no campo. TECCOGS: **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, 2019. <https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p59-76>
- PINHO, M. S. L. Angiogênese: o gatilho proliferativo. **Revista brasileira de Coloproctologia**, 25(4), 396-402, 2005. Disponível em: http://sbcp.org.br/pdfs/25_4/12.pdf Acesso em: 05 de janeiro 2021.
- PHILIPPI, K., TSAMANDOURAS, N., GRIGORAKIS, S., MAKRIS, D. P. Ultrasound-assisted green extraction of eggplant peel (*Solanum melongena*) polyphenols using aqueous mixtures of glycerol and ethanol: Optimisation and kinetics. **Environmental Processes**, v. 3, n. 2, p. 369-386, 2016.
- PROHORT- Companhia Nacional de Abastecimento. Centrais de Abastecimento: Comercialização total de frutas e hortaliças /v.4. Brasília: Conab,2020- Anual Disponível em:>www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort <Acesso em: 10 de abril de 2021. ISSN: 2595-2838
- RAES, D., STEDUTO, P., HSIAO, T. C., FERERES, E. AquaCropThe FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. **Agronomy Journal**, 101(3), 438., 2009. doi:10.2134/agronj2008.0140s

- RAJAM, M. V., ROTINO G. L., D. SIHACHAKR, SOUVANNAVONG, V., MANSUR, E. Eggplant 47. **Compendium of transgenic crop plants: 10 volume set** / editors Chittaranjan Kole and Timothy C. Hall. p. cm. ISBN 978-1-4051-6924-0
- RAKHYMZHANOV, B. S.; AITBARV, T. E.; TAZHIBAEV T. S.; CHOLACOV, T. L. Cultivation of Egg Plant (*Solanum melongena* L.) Using Drip Irrigation with The Use of Mineral Fertilizers in the Conditions of The South-east Kazakhstan. **BIOSCIENCES BIOTECHNOLOGY RESEARCH ASIA**, Vol. 12(1), p.101-109. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1640>
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; MADEIRA, M. C. B.; RIBEIRO, CS da C. " Cica": novo híbrido de berinjela resistente a antracnose e a podridão de fomopsis. **Embrapa Hortaliças-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1993.
- REIS, A.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A. Doenças da berinjela no Brasil. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2011. ISSN 1415-3033. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/916695> Acesso em: 05 de abril de 2021.
- REIS, A.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A. Doenças da berinjela no Brasil. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2011. ISSN 1415-3033
- RIBEIRO, C. D. C., BRUNE, S., REIFSCHNEIDER, F. J. B. Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Embrapa Hortaliças-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E)**. 1998.
- RIBEIRO, C.S. da C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Avaliação do híbrido de berinjela Ciça por produtores e técnicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 49-50, março 1999.
- RICKES, L. N.; KLUMB, E. K.; SILVA, C. D. S; BACARIN, M. A.; BIANCHI, V. J. Water deficit affects gas exchange in peach trees cultivar chimarrita grafted onto different rootstocks. *Irriga*, v.22, n.1, p.140-153, 2017.
- RITCHIE J.T. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. **Water Resour**, 1972. Res. 8 (5) 1204-1213

- ROSA, S.L.K.; SOUZA, J. L. M.; TSUKAHARA, R.Y. Performance of the AquaCrop model for the wheat crop in the subtropical zone in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, e01238, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921>.
- ROSENZWEIG, C., JONES, J. W., HATFIELD, J. L., RUANE, A. C., BOOTE, K. J., THORBURN, P., WINTER, J. M. The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies. **Agricultural and Forest Meteorology**, 170, 166–182., 2013. doi:10.1016/j.agrformet.2012.09.011
- ROUPHAEL, Y., SCHWARZ, D., KRUMBEIN, A., COLLA, G. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. **Scientia horticultrae**, 127(2), 172-179, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001>
- SAA-Instituto de Economia Agrícola, 2005 Disponível em:>http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/45.pdf<Acesso em: 05 de abril 2021.
- SANTOS, C. A. B., ESPÍNDOLA, J. A. A., ROCHA, M. V. C., DE ALMEIDA, D. L., GUERRA, J. G. M., RIBEIRO, R. Plantio direto de berinjela (*Solanum melongena*), sob manejo orgânico, em solo com cobertura viva permanente de gramínea e leguminosa. **Embrapa Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.
- SARKER, B.C., HARA, M. UEMURA, M. Comparison of response of two C3 species to leaf water relation, proline synthesis, gas exchange and water use under periodic water stress. **J. Plant Biol.** 47, 33–41, 2004. <https://doi.org/10.1007/BF03030225>
- SCHWARZ, D., ROUPHAEL, Y., COLLA, G., VENEMA, J. H. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. **Scientia horticultrae**, 127(2), 162-171. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.016>
- SHAHNAZ, KHAN, K.M. MUNIRA. Effect of peeling & cooking on nutrients in vegetables. **Pak. J. of Nutri.**, 2(3):189-191. 2003.

- SENAR- Serviço nacional de aprendizagem rural. Formação Técnica Técnicas de Produção Vegetal. Curso Técnico em Agronegócio. Rede e-Tec Brasil, **SENAR** (Organizadores). – Brasília: SENAR, 2015.
- SILVA, B. B., BRAGA, A. C., BRAGA, C. C., MACIEL DE OLIVEIRA, L. M., GALVINCIO, J. D., GICO LIMA MONTENEGRO, S. M. Evapotranspiration and assessment of water consumed in irrigated area of the Brazilian Semiarid Region by remote sensing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1218-1226, 2012.
- SILVA, F. G. D., DUTRA, W. F., DUTRA, A. F., OLIVEIRA, I. M. D., FILGUEIRAS, L., MELO, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, 19, 2015. 946-952. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952> Acesso em: 15 de abril 2021. ISSN 1807-1929.
- SILVA, V. D. P. R. D., MACIEL, G. F., BRAGA, C. C., SILVA, J. L. C. D., SOUZA, E. P. D., ALMEIDA, R. S. R., HOLANDA, R. M. D., Calibration and validation of the AquaCrop model for the soybean crop grown under different levels of irrigation in the Motopiba region, Brazil. **Ciência Rural**, 48, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161118>
- SIMÕES, W., de OLIVEIRA, A. R., SALVIANO, A., GUIMARÃES, M., da SILVA, J. S., de OLIVEIRA, C. R. S., GUIMARÃES, M. J. M. Cultivo de cana-de-açúcar em áreas salinizadas: seleção de cultivares tolerantes e manejo de irrigação. 2021.
- STEDUTO, P., T.C. HSIAO, D. RAES, AND E. FERERES. AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agron. J.* 101:426–437, 2009. doi:10.2134/agronj2008.0139s
- STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; RAES, D.; FERERES, E. AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. **Agronomy Journal**, 101(3), 426-437, 2009. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0139s>
- TOUMI, J., ER-RAKI, S., EZZAHAR, J., KHABBA, S., JARLAN, L., CHEHBOUNI, A. Performance assessment of AquaCrop model for estimating evapotranspiration, soil water content and grain yield of winter wheat in Tensift Al Haouz (Morocco):

- Application to irrigation management. **Agricultural Water Management**, 163, 219–235. 2016. doi:10.1016/j.agwat.2015.09.007
- ÜNLÜNKARA, A.; KURUNÇ, A.; KESMEZ, G. D.; YURTSEVEN, E.; SUAREZ, D. L. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage**, v. 59, n. 2, p. 203-214, 2010. <https://doi.org/10.1002/ird.453>
- VICENTINI, R., VERZIGNASSI, J., BARRIOS, S., VALLE, C. B., COSTA, J. A. A., FERNANDES, C., CORADO, H. Produção de sementes por híbridos de *Brachiaria* spp. In Embrapa Gado de Corte-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: **JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA GADO DE CORTE**, 15., 2019. Disponível em: >
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1110324><Acesso em: 12 de abril 2021.
- WAKCHAURE, G. C., MINHAS, P. S., MEENA, K. K., KUMAR, S., RANE, J. Effect of plant growth regulators and deficit irrigation on canopy traits, yield, water productivity and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in the water scarce environment. *Journal of environmental management*, v. 262, p. 110320, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110320>
- WEBER, L. C., AMARAL-LOPES, A. C., BOITEUX, L. S., NASCIMENTO, W. M. Produção e qualidade de sementes híbridas de berinjela em função do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, 31(3), 461-466., 2013.
- WENNECK, G. S.; VILLA E VILA, V.; SAATH, R.; REZENDE, R.; LOPES PEREIRA, G.; CONTI MONDANEZ, B. M. LEAF PIGMENTS IN PEA CROP: RELATIONSHIP BETWEEN SPAD INDEX AND CHLOROPHYLL CONTENT. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, São Paulo, Brazil, v. 15, n. 3, p. 391–400, 2021. DOI: 10.18011/bioeng2021v15n3p391-400. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/1039>. Acesso em: 1 abril de 2022.
- WILLMOTT, C. J. Some comments the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society** 63:1309–1313. 1982.

WILLMOTT, C. J.; On the evaluation of model performace in physical geography. In **Spatial Statistics and Models**, Gaile GL, Willmont CJ (eds). D. Reidel: Boston. 443-460. 1984.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade & natureza**, 25, 179-190., 2013. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000100014>