



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



WELLINGTON MANOEL DOS SANTOS

**CULTIVO DA PINHEIRA (*Annona squamosa* L.) EM FUNÇÃO DA
DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA ZONA DA MATA ALAGOANA**

Rio Largo, AL
2024

WELLINGTON MANOEL DOS SANTOS

**CULTIVO DE PINHEIRA (*Annona squamosa* L.) EM FUNÇÃO DA
DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA ZONA DA MATA ALAGOANA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia do Campus de Engenharia e Ciências
Agrárias da Universidade Federal de Alagoas -
UFAL, em cumprimento às exigências para
obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de
concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eurico Eduardo Pinto de
Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Araújo Ferreira
Júnior

Rio Largo, AL
2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237c Santos, Wellington Manoel dos.

Cultivo de pinheira (*Annona squamosa* L.) em função da disponibilidade hídrica na zona da mata alagoana. / Wellington Manoel dos Santos. – 2024.

64f.: il.

Orientador: Eurico Eduardo Pinto de Lemos.

Coorientador: Ricardo Araújo Ferreira Júnior.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Anonáceas. 2. Produção. 3. Evapotranspiração da cultura. 4. Rentabilidade econômica. I. Título.

CDU: 634.41: 981.35

TERMO DE APROVAÇÃO

WELLINGTON MANOEL DOS SANTOS
(Matrícula 2020102530)

“CULTIVO DE PINHEIRA (*Annona squamosa* L.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA ZONA DA MATA ALAGOANA.”

Tese apresentada e avaliada pela banca examinadora em 22 de maio de 2024, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

Documento assinado digitalmente
 **EURICO EDUARDO PINTO DE LEMOS**
Data: 22/05/2024 21:36:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eurico Eduardo Pinto de Lemos
Presidente - Orientador

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO ARAUJO FERREIRA JUNIOR**
Data: 23/05/2024 10:56:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Araújo Ferreira Júnior
Membro Interno (PPGA/CECA/UFAL)

Documento assinado digitalmente
 **LEILA DE PAULA REZENDE**
Data: 27/05/2024 20:35:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Leila de Paula Rezende
Membro Externo (PPGA/CECA/UFAL)

Documento assinado digitalmente
 **JOSE DAILSON SILVA DE OLIVEIRA**
Data: 28/05/2024 06:40:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Dailson da Silva Oliveira
Membro Externo (CECA/UFAL)

Rio Largo, AL maio de
2024

Dedico

A Deus que sempre me deu forças para vencer na vida;

A toda minha família e amigos, em especial a minha mãe (Maria Antônia dos Santos), a meus irmãos (Elisângela Santos, Lúcio Santos, Marlúcio Santos, Patrícia Santos, Rosângela Santos e Wagner Santos) que sempre me apoiaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado e iluminado a cada passo dessa jornada de pós-graduação;

A Universidade Federal de Alagoas – UFAL e ao Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meu Orientador, Professor Dr. Eurico Eduardo Pinto Lemos, pelos ensinamentos, instruções e amizade;

Ao meu coorientador, Professor Dr. Ricardo Araújo Ferreira Júnior por seus ensinamentos;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PPGA, pelos conselhos e ensinamentos;

Aos professores do Laboratório de Biotecnologia Vegetal – BIOVEG, Eurico Lemos e Leila Rezende, por todo aprendizado;

A técnica do Laboratório – BIOVEG, Delma Holanda pelo apoio;

Ao secretário do PPGA, Gustavo Nepomuceno, por toda competência e disponibilidade em ajudar;

Ao técnico de campo, Luiz Leão por sempre estar disposto a ajudar nas atividades de campo;

A todos servidores do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA, agradeço a prestabilidade e disponibilidade da estrutura física do Campus;

Aos membros da banca pelas sugestões e correções para enriquecimento deste trabalho;

Aos colegas e amigos de laboratório e Pós-Graduação: Claudiano Leão; David Javier; Iêdo Teodoro; Ivanildo Cláudio; José Antônio; José Dailson; Julianna Catonio; Jonathan Vieira; Lennon Kledson; Luiz Eugênio; Micaely Silva; Patrícia Silva; Ramon Silva; Renato Carvalho; Ricardo Barros e Sandro Santos.

RESUMO

A pinha (*Annona squamosa* L.) é considerada uma fruteira muito importante no contexto do semiárido nordestino por ser um cultivo de potencial produtivo com geração de renda e empregar mão de obra em regiões com problemas de má distribuição da precipitação pluvial, e compreender a resposta dessa cultura às condições ambientais específicas da região é essencial para aprimorar o manejo agrícola. Este trabalho objetivou determinar a produtividade e a análise econômica da pinheira em função de diferentes disponibilidades de água no solo, em Rio Largo – AL. A pesquisa foi realizada no período seco, de novembro de 2021 a abril de 2022. A área experimental fica localizada no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (9°27'58,7'' S; 35°49'47,2'' W; 127 m) no município de Rio Largo, Alagoas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados (DIC), com cinco repetições. Quatro tratamentos de irrigação foram testados, equivalentes a L₁: (sequeiro), L₂: 50%, L₃:100% e L₄:150% da evapotranspiração da cultura (ET_C), totalizando 20 parcelas experimentais. A ET_C foi obtida pela multiplicação da Evapotranspiração de referência (ET₀) e o coeficiente da cultura (K_C). A irrigação foi realizada com microaspersores 32 L h⁻¹ espaçados em 3,0 x 3,0 metros. O balanço hídrico do cultivo foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather, em escala decendial. Nessa pesquisa, a lâmina total foi definida como a irrigação total mais a precipitação efetiva. As variáveis analisadas foram: número de frutos por plantas, massa de frutos por planta (kg), massa média de frutos (g), diâmetro do fruto (mm), °Brix, produtividade (t ha⁻¹) e produtividade do uso da água (kg ha⁻¹ mm⁻¹). A temperatura do ar máxima média, durante a pesquisa, foi 31,1°C, a umidade relativa do ar média foi 70,5%, e a precipitação total acumulada foi de 505,2 mm. Isso resultou numa precipitação efetiva de 267 mm e, sob condições de sequeiro, foi estimado um déficit hídrico de 179 mm e excesso de 238 mm. A ET₀ acumulada foi 732,5 mm e a ET_C 353 mm no período de 147 dias após a poda da pinheira. Todas as variáveis analisadas apresentaram diferença significativas para as diferentes disponibilidades de água no solo. O maior número de frutos por planta (63 unidades) foi obtido sem a aplicação de lâmina de água. A massa máxima de frutos por planta (12,85 kg), maior massa média de frutos (0,234 kg), máximo diâmetro do fruto (67,19 mm), maior valor para sólidos solúveis (18,25) foi obtido com a aplicação de 446,68 mm (95% da ET_C). A produtividade máxima da cultura da pinheira foi de 14.280 kg ha⁻¹ com a aplicação de 446,68 mm (95% da ET_C) e a máxima produtividade do uso da água (31,98 kg ha⁻¹ mm⁻¹), obtida com a aplicação de 446,68 mm (95% da ET_C). A produtividade física máxima (PFM) da pinheira é de 12.825,93 kg ha⁻¹ com a lâmina de irrigação total estimada de 431,54 mm (precipitação efetiva + irrigação). A produtividade de máxima eficiência financeira (PMEF) da cultura da pinheira, com o preço médio R\$ 4,39 reais por quilo, e o valor do milímetro aplicado de R\$ 2,07 reais, é 12.825,68 kg ha⁻¹ com a lâmina de irrigação total de 430,48 mm (precipitação efetiva + irrigação). Conclui-se que a prática de irrigação é uma alternativa promissora no cultivo de pinha na Zona da Mata Alagoana.

Palavras-chave: Anonáceas; Produção; Evapotranspiração da cultura; Rentabilidade econômica.

ABSTRACT

The sugar apple (*Annona squamosa* L.) is considered a very important fruit tree in the context of the northeastern semi-arid region because it is a potentially productive crop that generates income and employs labor in regions with problems of poor rainfall distribution, and understanding the response of this crop to the specific environmental conditions of the region is essential for improving agricultural management. The aim of this study was to determine the productivity and economic analysis of the pine tree as a function of different water availability in the soil, in Rio Largo - AL. The research was carried out during the dry season, from November 2021 to April 2022. The experimental area is located at the Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA) of the Federal University of Alagoas (9°27'58.7" S; 35°49'47.2" W; 127 m) in the municipality of Rio Largo, Alagoas. The experimental design adopted was entirely randomized (DIC), with five replications. Four irrigation treatments were tested, equivalent to L1: (dry), L2: 50%, L3: 100% and L4: 150% of crop evapotranspiration (ET_C), totaling 20 experimental plots. The ET_C was obtained by multiplying the reference evapotranspiration (ET_0) and the crop coefficient (K_C). Irrigation was carried out using 32 L h⁻¹ micro-sprinklers spaced 3.0 x 3.0 meters apart. The crop's water balance was calculated using the Thornthwaite and Mather method on a decadal scale. In this study, the total water table was defined as total irrigation plus effective rainfall. The variables analyzed were: number of fruits per plant, fruit mass per plant (kg), average fruit mass (g), fruit diameter (mm), °Brix, yield (t ha⁻¹) and water use productivity (kg ha⁻¹ mm⁻¹). The average maximum air temperature during the research was 31.1°C, the average relative humidity was 70.5%, and the total accumulated rainfall was 505.2 mm. This resulted in an effective rainfall of 267 mm and, under rainfed conditions, a water deficit of 179 mm and a surplus of 238 mm were estimated. The accumulated ET_0 was 732.5 mm and the ET_C 353 mm in the 147-day period after pruning the pine tree. All the variables analyzed showed significant differences for the different amounts of water available in the soil. The highest number of fruits per plant (63 units) was obtained without applying any water. The maximum fruit mass per plant (12.85 kg), the highest average fruit mass (0.234 kg), the maximum fruit diameter (67.19 mm) and the highest value for soluble solids (18.25) were obtained with the application of 446.68 mm (95% of the CTS). The maximum productivity of the pine tree crop was 14,280 kg ha⁻¹ with the application of 446.68 mm (95% of the ET_C) and the maximum productivity of water use (31.98 kg ha⁻¹ mm⁻¹) was obtained with the application of 446.68 mm (95% of the ET_C). The maximum physical productivity (MPP) of the pine tree is 12,825.93 kg ha⁻¹ with an estimated total irrigation rate of 431.54 mm (effective rainfall + irrigation). The productivity of maximum financial efficiency (PMEF) of the pine tree crop, with an average price of R\$ 4.39 reais per kilo, and the value of the millimeter applied of R\$ 2.07 reais, is 12,825.68 kg ha⁻¹ with a total irrigation depth of 430.48 mm (effective rainfall + irrigation). It can be concluded that irrigation is a promising alternative for growing pine cones in the Zona da Mata region of Alagoas.

Keywords: *Anonaceae*; Production; Crop evapotranspiration; Economic profitability.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1 - Esquema representativo da área experimental do cultivo de Pinheira.....35
- Figura 2 - Registros aos 0 dias após a poda (A), 15 dias após a poda (B), 45 dias após a poda (C), 85 dias após a poda (D) e 125 dias após a poda (E), da área experimental do cultivo de Pinheira.....37
- Figura 3 - Detalhamento do sistema de irrigação do cultivo de Pinheira.....38
- Figura 4 - Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) máxima (T_{MAX}) diárias e umidade relativa (%) do ar média diária (U_{MED}), na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.... 40
- Figura 5 - Precipitação pluvial (precipitação), evapotranspiração de referência (ET_0) e da cultura (ET_c) na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 41
- Figura 6 - Balanço hídrico da cultura da pinheira, com diferentes níveis de irrigação, 0% (sequeiro) (A), 50% (B), 100% (C) e 150% (D) da ET_c , armazenamento de água no solo (ARM), água facilmente disponível (AFD), capacidade de água disponível no solo (CAD) e irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 42
- Figura 7 - Número de frutos por planta da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 44
- Figura 8 - Massa de frutos por planta e massa média por fruto (kg) da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 44
- Figura 9 - Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) e diâmetro do fruto (mm) da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 45
- Figura 10 - Produtividade de frutos (t ha^{-1}) e produtividade do uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 46

CAPÍTULO III

- Figura 11 - Lâmina de irrigação total (Precipitação efetiva mais irrigação - mm) e produtividade (kg ha^{-1}), nos níveis de irrigação de 0% (sequeiro), 50%, 100% e 150% da ET_c , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 62
- Figura 12 - Produtividade física máxima – PFM e produtividade de máxima eficiência financeira – PME, da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, cultivada no período de novembro de 2021 a abril de 2022. 63

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Valores médios mensais da temperatura do ar (T_{max} , °C), umidade relativa do ar (UR_{med} , %), velocidade do vento ($m\ s^{-1}$), radiação solar global ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e totais mensais da precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET_0), no período de novembro de 2021 a abril de 2022	34
Tabela 2 - Características físico-hídricas e granulométricas do solo da área experimental	34
Tabela 3 - Valores de K_C da Pinheira em função do estágio fenológico	36
Tabela 4 - Resumo da Análise de variância das variáveis número de frutos por planta, massa de frutos por planta, massa média do fruto, diâmetro do fruto, °Brix, produtividade e eficiência do uso da água da pinheira em função de lâminas de irrigação	36

CAPÍTULO III

Tabela 5 - Valores utilizado para o cálculo do preço do milímetro de água aplicada na cultura da pinheira por microaspersão convencional	58
Tabela 6 - Preço mínimo, médio e máximo no decorrer da safra de 2018 a 2022, pago no CEASA no kg de pinha em Alagoas.	59
Tabela 7 - Valores médios mensais da temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ($m\ s^{-1}$), radiação solar global ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e totais mensais da precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET_0), no período de novembro de 2021 a abril de 2022 ..	61
Tabela 8 - Precipitação total (P_{TOTAL}) e efetiva (precipitação efetiva), lâminas de irrigação brutas totais aplicadas (irrigação total), precipitação pluvial efetiva mais irrigação (lâmina total), déficit e excesso hídrico durante o ciclo de cultivo da pinheira na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.....	61

SIGLAS E SIMBOLOS

AFD	Água facilmente disponível (mm)
AL	Alagoas
Al	Alumínio
ARM	Armazenamento (mm)
C	Precipitação (mm)
CC	Capacidade de campo (mm)
CEASA	Centro Estadual de Abastecimento
Ci	Concentração intercelular de CO ₂ (μmol de CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
CO ₂	Dióxido de carbono
CTC	Capacidade de troca de cátions
DAP	Dias após o plantio
DF	Diâmetro do fruto (mm)
DIC	Delineamento inteiramente casualizados
Dr.	Doutor
Ds	Densidade do solo
ea	Pressão atual do vapor médio diário (kPa)
es	Pressão de saturação do vapor médio diário (kPa)
es-ea	Déficit de saturação de vapor médio diário (kPa)
ET	Evapotranspiração (mm)
ET _C	Evapotranspiração da cultura (mm)
ET ₀	Evapotranspiração de referência (mm)
ET _r	Evapotranspiração real (mm)
EUA	Eficiência do uso da água
FAO	Food and Agriculture Organization
G	Densidade do fluxo de calor do solo (MJ m ⁻² dia ⁻¹)
ha	Hectare (10.000 m ²)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDERAL	Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas
K	Potássio
K _C	Coeficiente da cultura
L	Nível de irrigação (% ET _C)
LIA	Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia
Mg	Magnésio
mm	Milímetro
MO	Matéria orgânica (%)
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NFP	Número de Frutos por planta
P	Fósforo
PMP	Ponto de murcha permanente

PUA	Produtividade do uso da água
R _n	Radiação líquida na superfície da cultura (MJ m ⁻² dia ⁻¹),
PPGA	Programa de Pós-Graduação em Agronomia
R _n	Radiação líquida na superfície da cultura (MJ m ⁻² dia ⁻¹),
SB	Soma de bases
T	Temperatura do ar diária a 2m de altura (°C)
T _{máx}	Temperatura máxima do ar (°C)
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
U	velocidade do vento média diária à altura de 2 m (m s ⁻¹)
UR	Umidade relativa do ar (%)
Urmed	Umidade relativa do ar média (%)
V	Saturação por bases (%)
YC	Produtividade da cultura

SUMÁRIO

CULTIVO DA PINHEIRA (<i>Annona squamosa</i> L.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA ZONA DA MATA ALAGOANA	14
1. INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Fruticultura e família Annonaceae no Brasil	16
2.2 Aspectos gerais da pinheira (<i>Annona squamosa</i> L.)	17
2.3 Manejo de irrigação e evapotranspiração (ET)	19
2.4 Balanço hídrico	20
2.5 Respostas ao estresse hídrico	21
2.6 Eficiência no uso da água (EUA)	22
2.7 Rendimentos Financeiros	23
REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO II	30
3. PRODUTIVIDADE NO USO DA ÁGUA DA PINHEIRA (<i>Annona squamosa</i> L.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA REGIÃO DE RIO LARGO, AL	30
Resumo	30
Abstract	31
3.1 INTRODUÇÃO	32
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.2.1 Descrição da área de experimental	33
3.2.2 Implantação da área experimental	35
3.2.3 Aplicação dos tratamentos	35
3.2.4 Variáveis Analisadas	38
3.2.5 Análises estatísticas	39
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.4 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO III	48
4. RENDIMENTO PRODUTIVO E FINANCEIRO DA PINHEIRA (<i>Annona squamosa</i> L.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA REGIÃO DE RIO LARGO, AL	52
Resumo	54
Abstract	53
4.1 INTRODUÇÃO	54
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	56

4.2.1 Fonte de dados	56
4.2.2 Aplicação dos tratamentos	56
4.2.3 Avaliação financeira do projeto de irrigação	56
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5. CONCLUSÕES	63
REFERENCIAS	64

CULTIVO DE PINHEIRA (*Annona squamosa* L.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA ZONA DA MATA ALAGOANA

1. INTRODUÇÃO

A pinheira (*Annona squamosa* L.) pertencente à família Annonaceae, produz um fruto doce altamente valorizado tanto para o consumo fresco quanto para a produção de polpa congelada. O seu fruto destaca-se como fonte de vitaminas A, B, C, E e K₁, compostos antioxidantes e minerais essenciais, atuando na prevenção e combate de doenças, como, patologias cardíacas, diabetes e hipertireoidismo (SENTHIL; SILAMBARASAN, 2015). A pinheira é considerada como uma das fruteiras mais promissoras para o mercado *in natura*, devido à sua fácil adaptação as mais variadas condições edafoclimáticas e aos elevados preços que seus frutos alcançam, o que gera boa perspectiva econômica de cultivos dessa espécie (SCALOPPI-JUNIOR et al., 2014).

A região Nordeste do Brasil é a maior produtora de pinha dentre as regiões nacionais e a que tem as maiores produtividades (de 6 a 15 toneladas por hectare), com destaque para os estados de Alagoas, Bahia, Ceará e Pernambuco (MEDEIROS et al., 2014). Em Alagoas, tem sido amplamente cultivada na região de Palmeira dos Índios, Estrela de Alagoas e Igaci, predominantemente por pequenos produtores em pomares que variam de 0,5 a 20 ha (LE MOS, 2011). Na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, a precipitação anual média é de 1800 mm, 70% dessa precipitação se concentra entre os meses de abril a setembro (SOUZA et al., 2005). Por outro lado, o período de outubro a fevereiro é caracterizado pela baixa ocorrência de precipitação (período seco). Diante dessa situação, a adoção de irrigação em cultivos locais surge como uma técnica promissora com o objetivo de reduzir déficits hídricos em cultivos e garantir maior produtividade agrícola.

A necessidade hídrica de cultivos é determinada, principalmente, pela evapotranspiração da cultura (ET_C), que por sua vez, auxilia na determinação da quantidade de água a ser aplicada. A estimativa da ET_C , geralmente, é realizada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_0) pelo coeficiente de cultivo (K_c), conforme Allen et al. (1998). A ET_0 é aquela que acontece na superfície de um cultivo hipotético de grama, sem deficiência hídrica e livre de pragas e doenças, com altura de 0,12 m, e resistência da superfície igual a 70 s m⁻¹ e albedo de 0,23. Enquanto, o valor do K_c é obtido pela razão entre ET_C e ET_0 , em que a ET_C é, geralmente, medida por balanço de água do solo (ALLEN et al., 1998).

Quando, com o uso de irrigação, a quantidade de água aplicada é superior ou inferior à real necessidade hídrica da planta, pode causar estresse hídrico por excesso ou falta, respectivamente. No estudo de cultivo irrigado da graviola, em diferentes níveis, houve incremento de produtividade de 75%, sob condições de irrigação plena em relação as plantas de sequeiro, (CAVALCANTE et al., 2016). Os pesquisadores afirmam que sob condições de sequeiro ocorrem danos nos processos fisiológicos da planta, como redução da taxa fotossintética, o que compromete a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, há queda no rendimento final. Em casos em que o estresse ocorra somente de forma temporária, a resistência da planta torna-se cada vez menor, isso conforme a duração do estresse (BIANCHI et al. 2016), quando a planta atinge o limite máximo da sua capacidade de tolerar a condição desfavorável, distúrbios que antes não se manifestavam tendem a aparecer na forma de injúrias irreversíveis (LARCHER, 2004).

Para a produção de pinheira sob diferentes níveis de déficit hídricos, Oliveira et al., (2020) citam que quanto maior o déficit, maior a interferência nas trocas gasosas da planta. Já com relação a taxa de crescimento da pinheira em função de diferentes disponibilidades hídricas, Silva et al. (2020) ratificaram que o déficit e/ou excesso de água, causam redução no crescimento da planta. Apesar da existência de estudos sobre o cultivo de *Annona squamosa* L. em resposta à irrigação no mundo, no Nordeste do Brasil ainda há poucas informações quanto as respostas produtivas desta espécie a níveis de irrigação.

Pensando na escassez de material voltado a produção de pinha, a pesquisa objetivou, determinar a produção e a eficiência no uso da água da pinheira (*Annona squamosa* L.) em função de diferentes níveis de irrigação, em Rio Largo – AL. E para isso, busca quantificar o balanço hídrico da cultura da pinheira para caracterizar o déficit e o excesso hídrico durante o cultivo; identificar os valores de alguns parâmetros de crescimento das plantas e qualidade dos frutos (diâmetro do caule, peso de frutos e sólidos solúveis (°Brix)) submetidas a diferentes níveis de irrigação; e, realizar análise econômica do cultivo da pinheira sob diferentes níveis de irrigação.

CAPÍTULO I

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fruticultura e família Annonaceae no Brasil

Mundialmente, a fruticultura é considerada um segmento importante para a produção agrícola, e se tratando do Brasil, não é diferente (AQUINO et al. 2017). A prática de ingestão diária de frutas no mundo, implica em uma melhoria de saúde, uma vez que frutos tropicais são ricos em vitaminas e nutrientes essenciais (STORCK et al., 2013; GOMES et al., 2019). A nível internacional, três países detêm 44,2% da produção mundial de frutas, sendo a China (27,9%) o maior produtor, seguida por Índia (11,9%) e Brasil (4,4%) (FAO, 2023). No Brasil são colhidas anualmente aproximadamente 40 milhões de toneladas de frutas (FAO, 2023). Dentre as regiões brasileiras, a Sudeste é a maior região produtora (53,9%), seguida por Nordeste (23,3%), Sul (15,2%), Norte (5,0%) e Centro-Oeste (2,6%) (IBGE, 2023). A região Nordeste possui condições favoráveis para o aumento do cultivo de frutíferas, tais como: condições edafoclimáticas favoráveis para cultivos o ano todo, preço atrativo de terras e localização privilegiada para exportação de produção (ROCHA et al., 2013; NERIS, 2018).

A importância socioeconômica do cultivo de anonáceas no Brasil está associado pela demanda de frutas tropicais, além da possibilidade de uso na indústria farmacêutica e de cosméticos com subprodutos, vem despertando interesse pelo cultivo dessa família, e se deve ao alto preço alcançado no mercado, bem como pela sua inserção no mercado internacional (SOBRINHO, 2010).

O cultivo de espécies da família Annonaceae iniciou-se no Brasil em 1926 na Bahia, seguindo para Alagoas, Ceará, Paraíba e Pernambuco. Relata-se que essa família é constituída por aproximadamente 108 gêneros e em torno de 2.400 espécies. É considerada a maior família de Magnoliales. No Neotrópico, a família está distribuída em 40 gêneros e 950 espécies, dos quais 31 gêneros e 387 espécies verificam-se no Brasil, com expressividade de espécies principalmente nas Florestas Amazônica e Atlântica (LOBÃO et al., 2020).

O gênero *Annona* pertencente a subfamília Annonoideae, possui 118 espécies, sendo 108 de origem da América Tropical e somente 10 de origem Africana (MAAS, 2010; SÃO JOSÉ et al., 2014). Apesar do número de espécies ser relativamente grande apenas nove são cultivadas visando a produção de frutos comestíveis, e somente cinco possuem valor econômico, sendo que, dessas, quatro se destacam nos mercados regional e global: graviola

(*Annona muricata*), pinha (*Annona squamosa*) e cherimóia (*Annona cherimola*) além da atemóia, que é um híbrido da pinha e a cherimóia (SÃO JOSÉ et al., 2014).

A grande parte das plantas da família das Anonáceas estabelecem plantas lenhosas, como árvores e arbustos, possuem folhas inteiras de disposição alterna, dística, sem estípulas (SILVA, 2009). Exibem suas flores tanto de forma isolada ou reunidas em inflorescências hermafroditas, diclamídeas, tendo o perianto diferenciado em cálice e corola, que é geralmente trímeros e carnosos (SILVA, 2009; PAULINO-NETO, 2014). O ovário é súpero, com carpelos muito numerosos, em disposição espiralada, livres entre si, apocárpicos com um ou mais óvulos. O fruto é apocárpico cordiforme, raramente seco, capsular, com frutículos soldados entre si. A semente caracteriza-se por apresentar endosperma ruminado (MANICA, 2003).

2.2 Aspectos gerais da pinheira (*Annona squamosa* L.)

A pinheira (*Annona squamosa* L.) é uma planta de porte arbóreo ou arbustivo, com altura de 4,0 a 6,0 m, com folhas lanceoladas, decíduais e coloração verde brilhante na parte superior e verde azulada na parte inferior (SANTOS et al., 2016; FIGUÊIREDO et al., 2016). A copa é ramificada e as folhas possuem comprimento de 5,0 a 15,0 cm por 2,0 a 6,0 cm de largura. As flores têm tamanho variando de 20 mm a 35 mm de comprimento, massa de aproximadamente 0,68 g, diâmetro de 8,2 cm e pedicelo de 1,0 a 2,0 cm, sendo originadas de ramos novos (ramos de crescimento anual), em que as pétalas são amarelo-verdosas por fora e amareladas com uma mancha roxa na base (CORDEIRO et al. 2000; RIBEIRO, 2006).

Dentre as técnicas existentes no manejo de qualquer cultura, o uso da poda na cultura da pinha, é fundamental para que se tenha uma uniformidade do pomar, assim como, o favorecimento na produção precoce (VIANA, 2005). A poda é uma técnica obrigatória para a exploração comercial de frutas, principalmente sob condições irrigadas (DIAS et al., 2004). A prática em anonáceas permite a condução das plantas com o maior número de ramos, que suportem maior quantidade de frutos de qualidade comercial, ou seja, bem formados e com peso superior a 300 gramas, sendo necessário se fazer a indução floral das plantas e assim sincronizar a floração e a frutificação. Além de permitir uma programação da produção para praticamente qualquer época do ano, ou podendo-se dividir uma mesma área em diferentes talhões, cada um com uma época de produção (LEMOS, 2014).

Para a pinheira, geralmente pode-se empregar esta técnica durante seu desenvolvimento e frutificação: 1) Poda de formação; 2) Poda de frutificação, 3) Poda de limpeza e 4) Poda de rejuvenescimento.

A poda de formação é iniciada cortando-se a gema apical do ramo principal onde é chamada de desponte, quando a planta atingir uma altura de 60 a 70 cm de altura. Já a poda de frutificação associada a desfolha dos ramos proporcionam a brotação de novos ramos que trazem consigo as flores e pode-se assim estabelecer um sistema de produção contínua, inclusive no período entressafra (LEMOS, 2011).

A poda de limpeza está relacionada na eliminação de ramos doentes, ramos ladrões, secos, praguejados e inclinados para o centro. A finalidade dessa prática visa melhorar o aproveitamento dos raios solares, aumentar a aeração no interior da planta, facilitar os tratos culturais, a polinização e a colheita dos frutos. Esta poda deve ser realizada logo após a colheita ou um a dois meses após (SOUZA et al., 2012).

A poda de rejuvenescimento tem por objetivo recuperar plantas pouco produtivas, decadentes, irregulares, debilitadas ou severamente atacadas por pragas e doenças. A finalidade dessa poda consiste em eliminar todos os ramos de uma planta, deixando-se apenas o tronco e as pernadas com 40 cm a 50 cm de comprimento, provocando, assim, a emissão de ramos para formação de uma nova copa (VIANA, 2005).

A pinheira é uma frutífera de clima tropical e subtropical, que se desenvolve bem em regiões de clima quente e com precipitação sem excessos, necessitando de estação seca bem definida para produzir frutos economicamente viáveis (DIAS et al., 2013). A maior parte dos plantios comerciais estão nas proximidades do nível do mar ou até uma altitude máxima de 800 metros (MANICA et al., 2003). No Brasil, é uma fruta exótica que apresenta elevado índice de produção em estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pará, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Ceará (SOUZA et al., 2016).

Nas regiões de clima semiárido do Nordeste brasileiro, a planta adaptou-se; existindo cultivos domésticos e pomares comerciais, a maioria baseados em plantas propagadas por sementes do grupo crioula, como boa produtividade e aceitabilidade comercial (CORDEIRO, 2000; MANICA, 2003). A cultura da pinheira tem se mantido em crescimento na região Nordeste (Santos 2018), mais especificamente no estado da Bahia, em Presidente Dutra e Irecê. Alagoas, no ano de 2012, dados CGEA/IBGE (2013) apontavam cerca de 8.884 ha com o cultivo da fruta, chegando a obter uma produção de 442 toneladas e rendimento de 4,5 t ha⁻¹.

A pinheira é moderadamente tolerante à seca, contudo, a taxa de frutificação e o tamanho do fruto ficam comprometidos, e a queda das folhas dá-se devido ao estresse hídrico. Embora

adaptada à regiões com pouca chuva, precisa de estação seca bem definida. Dessa forma, devem ser feitas irrigações periódicas, principalmente da floração até o desenvolvimento completo do fruto para melhorar a qualidade do fruto e aumentar a produção. A irrigação de plantas jovens e adultas deve ser reduzida durante o outono e interrompida quando quase todas as folhas tenham caído. Quando realizada em excesso, pode levar à podridão de raízes e à perda do vigor da planta (LEDERMAN, 2019).

O fruto é caracterizado por ser uma baga composta, podendo ter forma arredondada, ovoide, esférica ou cordiforme, tem a coloração esverdeada e medem de 5,0 a 10,0 cm de diâmetro, são formados por muitos carpelos, protuberantes em grande parte dos tipos, que envolvem cada semente separadamente, produzindo cerca de 68 sementes por fruto, e são cobertos na parte externa por saliências achatadas em forma de tubérculos. Os frutos pesam em média de 200 a 450 g e podem chegar em alguns casos a 800 g. A polpa equivale a 38,2% do fruto, sendo a maior parte dele representada pela casca que contribui com 54,2% e a semente equivale 7,6% (OLIVEIRA, 2018).

2.3 Manejo de irrigação e evapotranspiração (ET)

A irrigação é uma prática agronômica que tem por objetivo fornecer água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo para, através do umedecimento do solo, garantir a produtividade máxima das culturas (BERNARDO et al., 2019). Os benefícios proporcionados pela irrigação podem ser considerados diretos e indiretos. O uso eficiente de água de irrigação, sem comprometer a rentabilidade econômica de uma cultura é possível, desde que haja a aplicação precisa de água de irrigação no momento certo.

As necessidades de irrigação da anonácea variam de local para local, dependendo das necessidades de evapotranspiração, da escassez hídrica da área, da capacidade de retenção de água do solo, da idade da planta e do estágio fenológico (PINTO; SILVA, 1994). Este fato foi observado pelos autores para cultivos irrigados de gravioleira.

A região Nordeste apresenta uma grande diversidade climática, com elevada variabilidade espacial e temporal do regime pluvial, existindo uma tendência de diminuição da média anual de chuva do litoral para o interior. A distribuição das chuvas influencia diretamente nas práticas agronômicas e no manejo de irrigação, que ocorre em distintas épocas do ano nos diferentes locais (OLIVEIRA e outros, 2009). Dessa forma, em regiões com problemas de períodos secos prolongados, como ocorre nos cerrados e semiáridos, a prática da irrigação torna-se fundamental para a produção agrícola (SÃO JOSÉ, 2003).

A região Nordeste apresenta maior diversidade climática e maiores alterações espaciais e temporais na precipitação. A distribuição da precipitação afeta diretamente as práticas

agronômicas e o manejo da irrigação, que ocorre em diferentes épocas e locais durante o ano (OLIVEIRA et al., 2009). Portanto, em áreas com problemas de seca, como os cerrados e o semiárido, a irrigação passa a ser a base da produção agrícola (SÃO JOSÉ, 2003).

O uso dos métodos de irrigação localizada é mais propício para culturas hortícolas: hortaliças, flores, plantas ornamentais, aromáticas, medicinais e para fruteiras, que são de maior rentabilidade e condizentes com os custos dos sistemas. A irrigação deve repor ao solo a quantidade de água retirada pela planta, no momento que a disponibilidade de água assumir um valor baixo, que prejudique o desenvolvimento da planta (YASUOR et al., 2017). Técnicas são utilizadas para adotar o correto manejo da irrigação, uma delas é a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c).

A evapotranspiração é definida como a combinação de dois processos distintos, a evaporação (E) da água diretamente da superfície do solo e a transpiração (T) através dos estômatos das plantas, (ALLEN et al., 1998). O conhecimento da evapotranspiração é fundamental para o estudo das mudanças climáticas globais, gestão dos recursos hídricos, otimização do manejo da irrigação e produtividade da água, pesquisa agrícola e dinâmica do ciclo hidrológico (DIAS et al., 2013; VALIPOUR, 2015).

A evapotranspiração de referência (ET_0) é definida como a taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência, coberta por uma cultura hipotética com altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica de superfície de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23, com altura uniforme, sem restrições de água, que cresce ativamente e cobre completamente o solo (ALLEN et al., 2007). Também chamada de evapotranspiração potencial (ET_p), é um parâmetro agrometeorológico indispensável para o planejamento e manejo de irrigação e é considerada elemento do balanço hídrico, daí sua aplicação em estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos (CARVALHO et al., 2011).

2.4 Balanço hídrico

O balanço hídrico é a contabilidade da água no solo, resultante da aplicação do Princípio da Conservação de Massa em um volume de solo vegetado. A variação do armazenamento de água no volume considerado, por intervalo de tempo, representa o balanço entre a água que entrou e a que saiu do volume de controle. O volume de controle depende apenas da profundidade do sistema radicular das plantas e se admite que ele seja representativo de toda a área em estudo que é representada pelo ponto de medidas dos elementos meteorológicos, principalmente a precipitação (TEODORO, 2012).

O balanço hídrico é obtido computando a demanda e a disponibilidade hídrica por meio da precipitação pluvial (P), evapotranspiração real (ET_r), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (D) e excedente hídrico (E). Com o conhecimento desse fluxo de entrada e saída de água no solo, ou seja, do balanço hídrico, que são definidos os períodos com deficiência e com excedente hídrico, permitindo desta forma a classificação climática da região por meio de normais climatológicas (MATOS et al. 2018; PASSOS et al. 2016).

O balanço hídrico climatológico é aquele em que as entradas e saídas de água no sistema são contabilizadas em um solo vegetado por um cultivo hipotético (gramado), e que permite avaliar a quantidade de água no solo que pode estar disponível para as plantas. Enquanto, o balanço de cultivo, é feito em uma área de cultivo agrícola, em que se contabiliza as entradas e saídas, e leva em consideração o crescimento e desenvolvimento da cultura. Quando a contabilização de entrada e saída de água resulta em um saldo positivo durante um determinado período, significa que ocorreu excesso hídrico no cultivo e saldo negativo indica ocorrência de déficit. Assim, o balanço hídrico pode ser empregado para explicar ganhos e perdas em safras (TEODORO, 2012).

2.5 Respostas ao estresse hídrico

Dentre os recursos essenciais para o desenvolvimento da planta, a água é o mais limitante. E a limitação de água em regiões semiáridas é uma realidade (OLIVEIRA et al., 2020). Para regiões úmidas e subúmidas, a irrigação é de caráter suplementar, assim, a busca por soluções a este fator ambiental é baseada no uso mais eficiente dos recursos hídricos, resultando uma solução fundamental para o aumento da produtividade das plantas em ambientes com déficit hídrico (SINCLAIR et al., 2008).

A água é absorvida do solo, movimenta-se através da planta e boa parte é perdida para a atmosfera em forma de vapor, processo conhecido como transpiração (LACERDA, 2007; VESALA et al., 2017). Em condições de calor de um dia ensolarado, a folha de uma planta pode trocar 100% do seu conteúdo de água em apenas uma hora (KERBAUY, 2019). Para cada 2,0 g de matéria orgânica produzida, em média, pela planta, aproximadamente 1 litro de água é absorvido pelas raízes, transportado através do corpo da planta e perdido para a atmosfera (PIMENTA, 2004). Então, em plantas mesófilas, com solo em ótimas condições de umidade e atmosfera com baixa umidade relativa (UR), cerca de 82% da água absorvida é transpirada e 18% é armazenada (KERBAUY, 2008).

As plantas adaptadas a ambientes secos, de acordo com Akinci e Lösel (2012), podem ser expressas em quatro níveis: fenológicas ou de desenvolvimento, morfológicas, fisiológicas

e metabólicas. A forma como a planta se adapta e responde ao déficit hídrico depende de várias características fisiológicas e morfológicas, sendo estes fatores que determinam o grau de tolerância das plantas à intensidade da seca (BRAY, 1993; AKINCI e LÖSEL, 2012).

O conceito de estresse está diretamente ligado à capacidade de tolerância que a planta possui, ou seja, sua aptidão para enfrentar um ambiente desfavorável (TAIZ et al., 2017). E esta aptidão pode ser por meio da aclimação, que é a tolerância aumentada da planta em função de uma exposição anterior ao estresse, ou adaptação que se refere à resistência geneticamente determinada adquirida por uma seleção natural por muitas gerações (BARRETO; BARBOSA, 2001).

O estresse é uma condição considerada como um afastamento expressivo das condições ótimas para a sobrevivência, independente do grau em que ocorra, sendo responsável por induzir mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, e essas mudanças podem ser reversíveis a princípio, ou se tornarem permanentes (MUNNS, 2002; LARCHER, 2008; TAIZ et al., 2017). Mesmo em casos em que o estresse ocorra somente de forma temporária, a resistência da planta torna-se cada vez menor conforme a duração do estresse (BIANCHI et al., 2016). Quando a planta atinge o limite máximo da sua capacidade de se ajustar a tal condição desfavorável, os distúrbios que antes não se manifestavam aparecem na forma de doenças crônicas ou injúrias irreversíveis (LARCHER, 2008).

As plantas estão sujeitas a uma série de tensões ambientais, incluindo temperatura insuficiente, condições físicas e químicas desfavoráveis do solo. No entanto, pode-se dizer que o impacto da escassez de água no crescimento e na produtividade das plantas excede a soma de todos os outros e ocorre em qualquer lugar (KRAMER, 1983).

2.6 Eficiência no uso da água (EUA)

A eficiência no uso da água (EUA) é definida pela razão entre a produtividade agrícola e o volume de água usado para obter a safra. Diversos pesquisadores em várias regiões do mundo têm obtido esse índice com a finalidade de definir a quantidade de água necessária para cada cultura agrícola em função da produtividade esperada (KOECH et al., 2018; ROPOKIS et al., 2019).

A EUA é um dos parâmetros utilizados para quantificar a relação entre a produtividade obtida por uma cultura sob determinado volume de água aplicado (LOOMIS, 1983). Quando ocorre uma redução da lâmina aplicada sem diminuição da produção, a EUA aumenta (MELO et al., 2010). Com apenas 1% do aumento da EUA na Região Nordeste, estima-se que haveria uma economia de 165 mil litros de água por hectare irrigado por ano (LIMA et al., 2010).

As unidades mais usadas internacionalmente para EUA são mega grama (tonelada) de massa verde ou seca por mega litro de água (Mg ML^{-1}) e o quilograma de produto, massa verde ou seca, por metro cúbico de água consumida (kg m^{-3}). A EUA também pode ser expressa na forma de consumo de água (milímetro de água por quantidade de produto – mm t^{-1}) para facilitar a contabilidade dos custos com a água aplicada via irrigação (INMAN BAMBER; SMITH, 2005). E sugerem que a EUA seja calculada pela Equação 1:

$$EUA = \frac{Y_c}{ET_c} \quad (\text{Equação 1})$$

em que, Y_c é a produtividade da cultura e ET_c é a evapotranspiração da cultura.

A EUA de uma cultura é variável em função da prática agrícola em que a cultura está submetida. Trabalhar com aplicação de diferentes lâminas de irrigação é um parâmetro relativo, pois, maior eficiência não significa maior produtividade (CARVALHO et al., 2011). Estes mesmos autores, em seu estudo observaram que a maior eficiência no uso da água foi estimada em $74,76 \text{ kg ha}^{-1}$ com a aplicação de 334,1 mm, obtendo uma produtividade de $30,542 \text{ kg ha}^{-1}$, inferior a máxima produtividade de $35,3 \text{ kg ha}^{-1}$ para uma lâmina de 443,9 mm de água.

A eficiência associada ao uso da água se configura em taxa de conversão, que é a quantidade de material produzido por unidade de água utilizada. Resultando na aplicação de menos lâminas de água para aumentar EUA sem reduzir o rendimento, economizar água e aumentar os lucros (MELO et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

Na técnica de irrigação com déficit, a quantidade de água fornecida será inferior à quantidade de água perdida pela cultura em determinado período, o que resultará em um melhor aproveitamento da água devido à economia gerada pela eficiência na aplicação e pela redução das perdas por escoamento. Como consequência, a produtividade poderá ser um pouco menor, no entanto, além da melhora na eficiência da aplicação, haverá uma diminuição nos gastos operacionais com irrigação (FRIZZONE, 1993).

2.7. Rendimentos Financeiros

A irrigação proporciona o uso da terra de forma intensiva e o tipo de exploração não depende da sua atividade, como agricultura, pecuária, ou o tamanho da propriedade, mas sim pelo investimento aplicado em tecnologia. Lyra et al., (2010) enfatizam o quanto é importante fazer estudos sobre os custos dos projetos para que o investidor não tenha prejuízos, independentemente da cultura ou do sistema de irrigação utilizado no projeto.

O aumento da agricultura irrigada é sempre sugerido para a maior exploração da terra, mas por outro lado, aumenta a demanda de energia e captação de água doce. Para a maximização do uso da água de irrigação, é preciso o desenvolvimento de sistemas eficientes de otimização e distribuição da programação da irrigação, realizar análises econômicas em culturas irrigadas auxilia na tomada de decisões, gera economia nos materiais utilizados e maior economia lucratividade, uma vez que o uso racional da água proporciona menor custos de produção e aumento da receita final (NEVES et al. 2021).

REFERÊNCIAS

- AKINCI, Sener; LÖSEL, Dorothy M. **Plant Water-Stress Response Mechanisms**. Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Marmara University, İstanbul, 2012.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA L. S.; RAES D.; SMITH M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations: v. 301, 1998.
- ALLEN, R. G.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W.O. **Water requirements**. In: Hoffman GJ, Evans RG, Jensen ME (eds) Design and operation systems, 2 ed. ASABE, Michigan, pag. 208–288. 2007
- AQUINO, J. R., FREIRE, J. A., & DE CARVALHO, A. C. A. Importância, heterogeneidade e pobreza da agricultura familiar no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Geotemas**, v.7(2), p. 66-92, 2017.
- BARRETO, A. F.; BARBOSA, J. K. A. Mecanismos de resistência a seca que possibilitam a produção em condições de semiárido Nordeste. **3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água da Precipitação do Semiárido**. Areia, PB, 2001.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C. ; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. Manual de irrigação. 9ª. Ed. Viçosa, MG:UFV, pag.545. 2019.
- BIANCHI, L.; GERMINO, G. H. A; SILVA, M. Adaptação das Plantas ao Déficit Hídrico. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 4, pag. 15-32. 2016.
- BRAY, E. A. Update on water deficit. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology**. **Bethesda**. v. 103, pag.1035-1040, 1993.
- CARVALHO, L. G. de; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO, P. C. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA: UMA ABORDAGEM ATUAL DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, pag. 456–465, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/12760>. Acesso em: 2 Jan. de 2024.
- CAVALCANTE, L. F.; ROCHA, L. F.; SILVA, R.A.R.; SOUTO, A.G.L.; NUNES, J. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo com resíduo de sisal. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 28, n.1, pag.91-101. 2016.
- CORDEIRO, M. C. R. et al. **O cultivo da pinha, fruta-do-conde ou ata no Brasil**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, pag.52. 2000.
- DIAS, N. O.; SOUZA, I. V. B.; SILVA, J. C. G.; SILVA, K. S.; BOMFIM, M. P.; ALVES, J. F. T.; REBOUÇAS, T. N. H.; VIANA, A. E. S.; SÃO JOSÉ, A. R. Desempenho vegetativo e reprodutivo da pinheira (*Annona squamosa* L.) em função de diferentes comprimentos de ramos podados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 26(3),pag. 389-391, 2004.
- DIAS, N. O.; MATSUMOTO, S. N.; REBOUÇAS, T. N. H.; VIANA, A. E. DING, R.; KANG, S.; LI, F.; ZHANG, Y.; TONG, L. Evapotranspiration measurement and estimation

using modified Priestley-Taylor model in an irrigated maize field with mulching. **Agricultural and Forest Meteorology**, London, v. 168, n. 1, pag. 140-148, 2013.

FIGUÊIREDO, F. R. S. D. N.; GYLLYANDESON, A. D.; CRUZ, L. P.; NASCIMENTO, E. A.; TINTINO, S. R.; LEMOS, I. C. S.; CUNHA, F. A. B.; GOMEZ, M. C. V.; CORONEL, C.; COSTA, J. G. M.; COUTINHO, H. D. M.; FELIPE, C. F. B.; MENEZES, I. R. A.; KERNTOPF, M. G. Avaliação da Atividade Anti Leishmania e Anti-Trypanosoma do Extrato Etanólico das Folhas de *Annona squamosa* L. **Revista Acta Toxicológica Argentina**, v. 24, n. 3, pag. 173 -179, 2016.

GOMES, C. D. B., VASCONCELOS, L. G., CINTRA, R. M. G. C., DIAS, L. C. G. D., & CARVALHAES, M. A. B. L. Eating habits of pregnant Brazilian women: an integrative review of the literature. **Ciencia e saude coletiva**, v.24, n. 6, pag.2293-2306, 2019.

GORAYEB, T. C. C., MARTINS, F. H., COSTA, M. V. C. G., JUNIOR, J. G. C., Bertolin, D. C.; Dezani, A. A. (2019). Estudo das perdas e desperdício de frutas no Brasil. *Anais Sintagro*, 11(1). Jaboticabal, SP, v. 25, n. 1, pag. 100-103, 2019.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research, Amsterdam**, v.92, pag.185-202, 2005.

KERBAUY, Gilberto Barbante. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro. Editora: Guanabara Koogan, pag. 420, 2019.

KOECH, R.; LANGAT, P. Improving Irrigation Water Use Efficiency: A Review of Advances, Challenges and Opportunities in the Australian Context. **Water**, 2018.

LACERDA, C. F. Relações solo-água-plantas em ambientes naturais e agrícolas do nordeste brasileiro. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2007.

LARCHER, Walter. Ecofisiologia Vegetal. Jaboticabal - SP. Editora: Rima, pag. 531, 2004.

LARCHER, Walter. Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer Science & Business Media, pag.513, 2003.

LEMOS, E. E. P. Panorama de las anonas cultivadas em Brasil: saramuyo, guanábana y atemoya (ISBN 9786077510918). In: Alma Rosa Gonzalez Esquinca; Lorena Mercedes Luna-Cazáres; Javier Gutiérrez-Jimenez; Maria Adelina Schile-Guzmán; Dolores Guadalupe Vidal-López. (Org.) **Anonáceas, plantas antiguas estudios recientes**. 1 ed Tuxtla Gutiérrez Unicach, v.1, pag.21-36. 2011.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. FAO. 2012. Disponível em: <www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>. <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2609>. Acesso em: 09 Fev. de 2023.

LYRA, G. B.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; SANTOS, M. A. Balanço sequencial de água no solo para o manejo da irrigação de baixa frequência e alta intensidade na cana-de-açúcar. **STAB**, v. 28, pag. 22-25, 2010.

LOBÃO, A.Q., Lopes, J.C., Erkens, R.H.J., Mendes-Silva, I., Pontes Pires, A.F., Silva, L.V., Oliveira, M.L.B., Johnson, D., MelloSilva, R. (in memoriam) 2020. Annonaceae in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB110219>. Acesso em: 17 Fev. de 2024.

LOOMIS, R. S. Crop manipulations for efficient use of water: An overview. In: TAYLOR, H. M.; JORDAN, W. R.; SINCLAIR, T. R. Limitations to efficient water use in crop production. (ed). American Society of Agronomy, Crop Society of America, and Soil Science Society of America, Madison W.I . pag.345-374, 1983.

MAAS, Paul JM. Neotropical Annonaceae. 2010. Disponível em: <https://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Annonaceae.htm> Acesso em: 25 Jan. de 2023.

MANICA, Ivo. et al. Frutas Anonáceas: Ata ou Pinha, Cherimólia e Graviola Tecnologia de produção, pós-colheita e mercado. Ed. Continentes. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003.

MATOS, R.M., SILVA, P.F., BORGES, V.E., SOBRINHO, T.G., DANTAS NETO, J., SABOYA, L.M.F. Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, 2018.

MEDEIROS, J. X. DE; SILVA, G. H.; SANTOS, R. V. Crescimento inicial de mudas de pinheira e goiabeira em solo salino-sódico com corretivos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, pag.59-65, 2014.

MELO, A. S. et al. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 1, pag. 73-79, 2010.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, pag. 239-250, 2002.

NEVES, J. C. B.; SANTANA, M.J.; FERNANDES, A.L.T.; ASSIS, M.P.; VAN KEMPEN, J.C. Viabilidade econômica do feijoeiro, em função de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Nativa**, v.9, pag.202-208, 2021.

OLIVEIRA, J. M.; COELHO FILHO, M.A.; COELHO, E.F. Crescimento da bananeira Grande Naine submetida a diferentes lâminas de irrigação em tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, pag.1038–1046, 2013.

OLIVEIRA, J. D. **Alterações fisiológicas no crescimento inicial de dois acessos de pinheira (*Annona squamosa* L.) submetidos ao estresse hídrico**. 53f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Alagoas, 2018.

OLIVEIRA, J. D.; LEMOS, E.E.P.; CARVALHO FILHO, R.V.; SANTOS, E.F.; SILVA, R.B.; GALLO, C. M. Alterações fisiológicas no crescimento inicial de pinheira (*Annona squamosa* L.) submetida ao estresse hídrico. **Revista de Ciências Agrárias**, v.43, pag.53-63, 2020.

OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Irrigação em Fruticultura. In: SANTOS-SEREJO, J. A. et al. (eds.). Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. pag. 45-58, 2009.

PASSOS, M. L.V., ZAMBRZYCKI, G.C., PEREIRA, R.S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, pag. 758 - 766, 2016.

PAULINO-NETO, HIPÓLITO FERREIRA. Polinização e biologia reprodutiva de araticum-liso (*Annona coriacea* Mart: Annonaceae) em uma área de cerrado paulista: implicações para fruticultura. In: V Congresso Internacional & Encontro Brasileiro sobre Annonaceae: do gene à exportação. Botucatu: *UNESP*. pag. 132-140, 2014.

PEREIRA, L. S.; PAREDES, P.; LÓPEZ-URREA, R.; HUNSAKER, D. J.; MOTA, M.; SHAD, Z. M. Standard single and basal crop coefficients for vegetable crops, an update of FAO56 crop water requirements approach. **Agricultural Water management**, v. 243, 2021.

PIMENTA, J. A. Relações hídricas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, pag. 1-39, 2004.

PINTO, A. C. Q.; SILVA, E. M. Graviola para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI, pag.41, 1994.

RIBEIRO, G. G. Aspectos da biologia floral relacionados à produção de sementes e frutos de pinha (*Annona squamosa* L.). Vitória da Conquista – BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2006. 67p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia). 2006.

ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO; R. W. D.; ARAÚJO, M. A. D. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. D. R. (2013). Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(4), pag. 933-941, 2013.

ROPOKIS, A.; NTATSI, G.; KITTAS, C.; KATSOULAS, N.; SAVVAS, D. Effects of Temperature and Grafting on Yield, Nutrient Uptake, and Water Use Efficiency of a Hydroponic Sweet Pepper Crop. **Agronomy**, v.9, pag. 1-15, 2019.

SANTOS, W. M. **Avaliação de crescimento e hídrica da cultura da pinha em Rio largo, Alagoas**. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo – AL, 2018.

SANTOS, W. F.; PROCOPIO, S. O.; SILVA, A. G.; FERNANDES, M. F.; BARROSO, A. L. L. Weed phytosociological and floristic survey in agricultural areas of southwestern Goiás region. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 65-80, 2016.

SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B. Actuality and perspectives of Annonaceous in the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. SPE1, pag. 86-93, 2014.

SÃO JOSÉ, A. R. Cultivo e mercado da graviola. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 36 p.

SCALOPPI-JUNIOR, E, J.; MARTINS, A. B. G. Estaquia em Anonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. spe1, pag.147-156, 2014.

SENTHIL, R.; SILAMBARASAN, R. Annona: A new biodiesel for diesel engine: A comparative experimental investigation. **Journal of the Energy Institute**, v. 88, pag. 459-469, 2015.

SILVA, F. de A. da; ALMEIDA NETO, I. P. de; FERNANDES, P. D.; DIAS, M. dos S.; BRITO, M. E. B.; LIMA, A. M. de. Ecophysiology of pine seedlings (*Annona squamosa* L.) under doses of cattle manure and irrigation depths. **Research, Society and Development**, [S.

l., v. 9, n. 7, p. e305974175, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.4175. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4175>. Acesso em: 2 jan. 2024.

SILVA, M. C.C; FONTES, P. C.R; MIRANDA, G.V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 17-22, 2009.

SINCLAIR, T.R.; ZWIENIECKI, M.A., HOLBROOK, N.M. Low leaf hydraulic conductance associated with drought tolerance in soybean. **Physiologia Plantarum**, vol. 132, n.4, pag.446-451, 2008.<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01028.x>. Acesso em: 13 jan. 2023.

SOBRINHO, R. B. Potencial de exploração de anonáceas no nordeste do Brasil. Forlaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, pag.27, 2010.

SOUZA, I.V. B.; SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T. N. H.; PIRES, M. M. DE; MORAIS, O. M.; VIANA, A. E. S.; DIAS, N. O.; BOMFIM, M. P. Efeito do desbaste de frutos na produção e comercialização de pinha (*Annona squamosa* L.). Magistra, Cruz das Almas - BA, v.24, n.2, pag. 189 - 198, 2012.

SOUZA, I. V. B.; SÃO JOSÉ, A. R.; SILVA, J. C. G. da; BOMFIM, M. P.; JESUS, J. S. de. The development of custard apple flower bud under nitrogen and potassium nutrition. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 38, n. 2, pag. 1-9, 2016.

SOUZA, J. L.; NICÁCIO, R.M.; MOURA, M.A.L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brasil. **Renewable Energy**, v.30, pag.1203-1220, 2005.

STORCK, C. R., NUNES, G. L., DE OLIVEIRA, B. B., BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, v.43(3), pag.537-543, 2013.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, pag.888, 2017.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E.V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira Sob irrigação e fertirrigação. Revista brasileira de Fruticultura, Jaboticabal-SP, Vol. 33. n.1, pag. 272-278, 2011.

TEODORO, I. Respostas técnico-econômicas da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e adubação nitrogenada. 2012. 100f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB, 2012.

VALIPOUR, M. **Temperature analysis of reference evapotranspiration models**. Meteorological Applications, Amsterdam, v. 22, n. 3, pag. 385-394, 2015.

VESALA, Timo et al. Effect of leaf water potential on internal humidity and CO₂ dissolution: reverse transpiration and improved water use efficiency under negative pressure. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 54, 2017.

VIANA, J. S. **Implantação de um Pomar de Pinha irrigado no Distrito Federal**. Boletim Técnico UPIS. Brasília, DF. pag.37, 2005.

CAPÍTULO II

3. PRODUTIVIDADE NO USO DA ÁGUA DA PINHEIRA (*Annona squamosa* L.) EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE RIO LARGO, AL

Resumo: A pinheira é uma frutífera tropical com alta adaptabilidade a diversas condições climáticas tropicais no Brasil, principalmente na região Nordeste. Para as regiões com distribuição irregular das chuvas ao longo do ano, o uso da irrigação associado ao correto manejo dos pomares de pinheira é uma prática importante quando se deseja aumentar a produtividade da cultura. Este trabalho objetivou determinar a produtividade e a eficiência no uso da água no cultivo da pinheira sob diferentes níveis de irrigação no município de Rio Largo, na Zona da Mata alagoana. O experimento foi conduzido no período de nove de novembro de 2021 a quatro de abril de 2022, no pomar adulto com 9 anos de idade, localizada no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (9°27'58,7" S; 35°49'47,2" W; 127 m) no município de Rio Largo, Alagoas. A área experimental foi constituída de 8 linhas de 5 plantas, totalizando 40 plantas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. Quatro tratamentos de irrigação foram testados, equivalentes a L₁: 0% (sequeiro), L₂: 50%, L₃:100% e L₄:150% da evapotranspiração da cultura (ET_C), totalizando 20 parcelas experimentais. A ET_C foi obtida pela multiplicação da Evapotranspiração de referência (ET₀) e o coeficiente da cultura (K_C). A irrigação foi realizada com microaspersores espaçados em 3,0 x 3,0 metros. O balanço hídrico do cultivo foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather, em escala decenal. Nesta pesquisa, a lâmina total foi definida como a irrigação total mais a chuva efetiva. As variáveis analisadas foram: número de frutos por plantas, massa de frutos por planta (Kg), massa média de frutos (g), diâmetro do fruto (mm), sólidos solúveis, produtividade (kg ha⁻¹) e produtividade no uso da água (kg ha⁻¹ mm⁻¹). A temperatura do ar máxima média, durante a pesquisa, foi 31,1°C, a umidade relativa do ar média foi 70,5%, e a chuva total acumulada foi de 505,2 mm. Isso resultou numa chuva efetiva de 267 mm e, sob condições de sequeiro, foi estimado um déficit hídrico de 179 mm e excesso de 238 mm. A ET₀ acumulada foi 732,5 mm e a ET_C 353 mm no período de 147 dias após a poda da pinheira. O maior número de frutos por planta (63 unidades) foi obtido sem irrigação. A massa máxima de frutos por planta (12,85 kg), maior massa média de frutos (0,234 kg), máximo diâmetro do fruto (67,19 mm) e maior valor para sólidos solúveis (18,25) foi obtido com a lâmina de 446,68 mm (95% da ET_C). A produtividade máxima da cultura da pinheira foi de 14.280 kg ha⁻¹ com 446,68 mm (95% da ET_C). Enquanto a máxima produtividade do uso da água (31,98 kg ha⁻¹ mm⁻¹) foi obtida com a aplicação de 446,68 mm (95% da ET_C). O manejo hídrico da cultura da pinheira deve permanecer próximo à 100 % da ET_C para alcançar os melhores desempenhos produtivos, todavia, em regiões onde a disponibilidade hídrica é inferior, a cultura apresenta potencial para alcançar produtividade satisfatória.

Palavras-chave: Annonaceae; Evapotranspiração; Rendimento da cultura; Aproveitamento da água; Lâmina de irrigação total.

WATER USE PRODUCTIVITY OF PINE (*Annona squamosa* L.) AS A FUNCTION OF IRRIGATION LEVELS IN THE REGION OF RIO LARGO, AL

Abstract: The sugar apple is a tropical fruit tree that is highly adaptable to various tropical climatic conditions in Brazil, especially in the Northeast region. For regions with irregular rainfall distribution throughout the year, the use of irrigation associated with the correct management of pine orchards is an important practice when it comes to increasing the crop's productivity. The aim of this study was to determine the productivity and water use efficiency of pine trees grown under different levels of irrigation in the municipality of Rio Largo, in the Zona da Mata region of Alagoas. The experiment was conducted from November 9, 2021 to April 4, 2022, in a 9-year-old mature orchard located on the Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA) of the Federal University of Alagoas (9°27'58.7" S; 35°49'47.2" W; 127 m) in the municipality of Rio Largo, Alagoas. The experimental area consisted of 8 rows of 5 plants, totaling 40 plants. The experimental design adopted was entirely randomized (DIC) with five replications. Four irrigation treatments were tested, equivalent to L1: 0% (dry), L2: 50%, L3: 100% and L4: 150% of crop evapotranspiration (ET_C), totaling 20 experimental plots. The ET_C was obtained by multiplying the reference evapotranspiration (ET_0) and the crop coefficient (K_C). Irrigation was carried out using micro-sprinklers spaced 3.0 x 3.0 meters apart. The crop's water balance was calculated using the Thornthwaite and Mather method, on a decadal scale. In this study, the total water table was defined as the total irrigation plus the effective rainfall. The variables analyzed were: number of fruits per plant, fruit mass per plant (Kg), average fruit mass (g), fruit diameter (mm), soluble solids, yield ($kg\ ha^{-1}$) and water use productivity ($kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$). The average maximum air temperature during the research was 31.1°C, the average relative humidity was 70.5%, and the total accumulated rainfall was 505.2 mm. This resulted in an effective rainfall of 267 mm and, under rainfed conditions, a water deficit of 179 mm and a surplus of 238 mm were estimated. The accumulated ET_0 was 732.5 mm and the ET_C 353 mm in the 147-day period after pruning the pine tree. The highest number of fruits per plant (63 units) was obtained without irrigation. The maximum fruit mass per plant (12.85 kg), highest average fruit mass (0.234 kg), maximum fruit diameter (67.19 mm) and highest value for soluble solids (18.25) were obtained with the 446.68 mm blade (95% of the ET_C). The maximum productivity of the pine tree crop was 14,280 $kg\ ha^{-1}$ with 446.68 mm (95% of the ET_C). While the maximum productivity of water use (31.98 $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) was obtained with the application of 446.68 mm (95% of the ET_C). The water management of the pine tree crop should remain close to 100% of the ET_C in order to achieve the best yields. However, in regions where water availability is lower, the crop has the potential to achieve satisfactory productivity.

Keywords: Annonaceae; Evapotranspiration; Crop yield; Water utilization; Total irrigation water.

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca tanto na produção quanto na comercialização de pinha, que pode ser consumida *in natura* ou em produtos processados, contribuindo para a economia regional, com a geração de emprego e renda (OLIVEIRA et al., 2016; FIGUEIREDO et al., 2019). A pinheira é uma espécie frutífera tropical com alta adaptabilidade a diversas condições climáticas da região Nordeste do Brasil e cerca de 97% de toda a área produtora da pinha está localizada nessa região. O município de Presidente Prudente, localizado na região centro-norte do Estado da Bahia, já é conhecido como a capital mundial da pinha. Conforme os dados da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) (2019), o município possui a área de 2.200 hectares de pomares de pinha, sendo que 1.200 hectares são de cultivos irrigados, chegando a produzir 50 mil toneladas de frutos/ano. A região de Palmeiras dos Índios, em Alagoas, reúne, aproximadamente, outros 2.000 hectares de pinha, sendo a maioria do cultivo sob condições de sequeiro (LEDERMAN, 2019).

Apesar da expressividade da cultura, os pomares da região Nordeste geralmente apresentam baixo desempenho produtivo devido à escassez de informações sobre práticas de manejo da cultura (LEMOS, 2014). A produtividade da cultura varia de acordo com as condições de clima e plantio. Em pomares bem manejados e com nível tecnológico mais intensivo, obtém-se de 6 a 15 toneladas por hectare, enquanto pomares mal manejados e com baixo nível tecnológico, a produtividade é de no máximo 3 toneladas por hectare (LIMA et al., 2020).

Os obstáculos à expansão das áreas produtivas na região semiárida brasileira incluem irregularidade de precipitação e alta taxa de evapotranspiração (MELO et al., 2018; DE FÁTIMA et al., 2022), o que resulta em limitações para disponibilidade adequada de água durante o ciclo da cultura, levando a perdas de produção e alterações na qualidade dos frutos (LIMA et al., 2015; CAPITULINO et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022). A pinha é tolerante a condições de deficiência hídrica (FERNANDES et al., 2022), porém, a sensibilidade das plantas ao estresse varia de acordo com os estágios de desenvolvimento (FERREIRA et al., 2022).

Na Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, a precipitação total anual está na faixa de 1800 mm, 70% se concentram nos meses de abril a setembro (SOUZA et al. 2005). Por outro lado, o período de outubro a fevereiro é caracterizado pela baixa ocorrência de precipitação (290 mm). Diante desta situação, justifica-se a necessidade de se recorrer à prática da irrigação, principalmente quando se objetiva ter duas safras por ano, uma vez que, nos períodos de estiagem é importante que se leve em consideração a eficiência da utilização

desse recurso, no manejo ou na escolha da quantidade de água a ser aplicada. Outro fator importante no cultivo da pinha é o manejo da água, pois tanto o excesso como a deficiência de água podem afetar ou limitar a produtividade da cultura. Por isso, a irrigação em quantidade adequada e associada a outras técnicas de cultivo pode aumentar a produtividade, a qualidade dos produtos colhidos e o sucesso dos empreendimentos agrícolas (VIEIRA et al., 2009).

Dentre os recursos essenciais para o desenvolvimento da planta, a água é o mais limitante, seja em regiões semiáridas por longos períodos secos ou por úmidas que possuem períodos de seca necessitando da irrigação suplementar (OLIVEIRA et al., 2020). O comportamento produtivo da fruta pode ser avaliado pelos parâmetros: produtividade por área, número médio de frutos e massa média dos frutos por ocasião das colheitas. Desta forma, objetivou-se determinar a produtividade do uso da água da pinheira em função da disponibilidade hídrica na região de Rio Largo, AL.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Descrição da área de experimental

A pesquisa foi realizada no período seco de novembro de 2021 a abril de 2022. Neste período, o regime hídrico se assemelha a regiões semiáridas em que a demanda por água é maior, justificando assim a escolha do período para o desenvolvimento do trabalho. A área experimental é caracterizada como região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste brasileiro e fica localizada no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (9°27'58,7'' S; 35°49'47,2'' W; 127 m), no município de Rio Largo, Alagoas. De acordo com classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), o clima da região é úmido megatérmico, apresentando moderada insuficiência das precipitações na estação de verão e excesso de água no inverno. A temperatura do ar média anual é de 25,4 °C, o mês mais frio (19,3 °C) é agosto e o mês mais quente (31,7 °C) é janeiro. A umidade relativa do ar média é de aproximadamente 70%, a precipitação média total anual é de 1800 mm, a demanda atmosférica total anual e média diária de 1.477 mm ano⁻¹ e 4,4 mm d⁻¹ (SOUZA et al., 2005). Os valores, durante a pesquisa, de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m s⁻¹), radiação solar global (MJ m⁻²d⁻¹), totais mensais da precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET₀) estão apresentados na Tabela 1. Os dados são da Estação meteorológica do CECA e foram processados e cedidos pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA).

Tabela 1 - Valores médios mensais da temperatura do ar ($T_{\max}$, °C), umidade relativa do ar (UR_{med} , %), velocidade do vento (m s^{-1}), irradiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e totais mensais da precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET_0 , mm), no período de novembro de 2021 a abril de 2022, em Rio Largo- AL.

Período	Meses	$T_{\max}$ (°C)	UR_{med} (%)	Velocidade do vento (m/s)	Precipitação (mm)	Irradiação solar Global (MJ m^{-2})	ET_0 (mm)
2021/2022	Novembro	31,9	71,6	1,9	4,8	21,9	154,1
	Dezembro	31,1	72,1	1,7	96,0	20,3	142,1
	Janeiro	31,0	71,9	1,5	97,0	20,9	142,2
	Fevereiro	32,3	54,0	1,6	6,1	23,5	154,6
	Março	30,2	68,5	1,3	296,7	18,0	124,1
	*Abril	29,9	77,2	1,2	4,6	18,4	15,5
Média/Total		31,1	69,2	1,5	505,2	20,5	732,5

*Os valores médios/totais para o mês de abril é referente aos 4 primeiros dias do mês (quando encerrou a colheita e irrigação).

Dados cedidos pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia. Estação Agrometeorológica Automática. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Rio Largo. Latitude: 9°22'29,1"S; Longitude: 35°49'43,6"O; Altitude: 127,0 m.

Fonte: Autor, (2023).

Os valores dos atributos químicos, físicos e hídricos do solo nas profundidades de 0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características físico-hídricas e granulométricas do solo da área experimental no município de Rio Largo, AL.

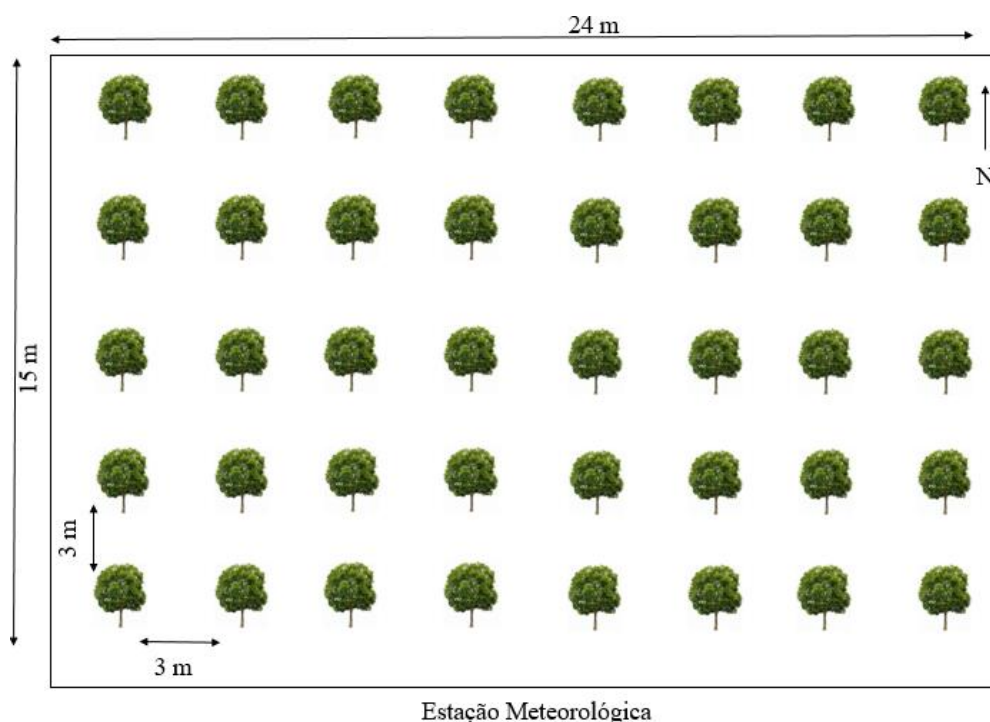
Propriedades Físico-Hídricas	Unid	Valor
Capacidade de campo	m^3m^{-3}	0,244
Ponto de Murcha Permanente	m^3m^{-3}	0,147
Capacidade de água disponível	Mm	58,00
Densidade do Solo	g cm^{-3}	1,50
Porosidade Total	m^3m^{-3}	0,423
Velocidade Básica de Infiltração	mm h^{-1}	52,00

Fonte: Carvalho (2003)

3.2.2 Implantação da área experimental

A área total apresenta dimensões de 15,0 x 24,0 m de comprimento e largura, respectivamente, o que totaliza 360 m² (Figura 1). O experimento foi conduzido no pomar adulto, com 9 anos de idade. A área foi representada por 8 linhas, com 5 plantas em cada linha, totalizando 40 plantas na área total. O cálculo da adubação foi definido conforme Cavalcante (2008), seguindo a recomendação de adubação para o estado de Pernambuco de 180 kg ha⁻¹ de N- 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 180 kg ha⁻¹ de K₂O. Utilizou-se as fontes ureia (45% de N), superfosfato simples (19% de P₂O₅) e cloreto de potássio (57,8% de K₂O). Foi utilizada a variedade de pinheira “Crioula”. O espaçamento utilizado foi de 3 x 3 m entrelinhas e plantas, respectivamente, equivalente a 1.111 plantas ha⁻¹. Antes de iniciar a aplicação dos tratamentos, foi realizada a poda de frutificação em todas as plantas. Essa poda consiste na retirada de todos os ramos apicais deixando a copa uniforme com um corte na horizontal.

Figura 1 - Esquema representativo da área experimental do cultivo de pinheira.



Fonte: Autor, (2023).

3.2.3 Aplicação dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados (DIC), com cinco repetições. Quatro tratamentos compostos por níveis de irrigação foram testados, equivalentes

a 0 (sequeiro), 50, 100 e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_C), totalizando 20 parcelas experimentais. Cada tratamento foi representado por 2 linhas de cultivo (10 plantas), das quais cada planta da segunda linha de cada tratamento representou uma parcela experimental. A evapotranspiração da cultura (ET_C) foi obtida através da Equação 2.

$$ET_C = ET_0 * K_C \quad (\text{Equação 2})$$

em que, ET_C é evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}); ET_0 é evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) estimada pelo método de Penman-Monteith FAO (ALLEN et al., 1998) e K_C é coeficiente da cultura.

As variáveis meteorológicas necessárias para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0) foram obtidas em uma estação automática de aquisição de dados Datalogger, CR1000 (Campbell Scientific, Logan, Utah) localizada a 50 m do experimento. A estação disponibiliza dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima – $^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (máxima, média e mínima – %), velocidade do vento (m/s), irradiação solar global diária ($\text{MJ/m}^2 \text{ d}$) e precipitação pluvial (mm). A ET_0 foi calculada pelo método de Penman-Moetheith-FAO, conforme a Equação 3:

$$ET_0 (\text{mm dia}^{-1}) = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e)}{\Delta + [\gamma (1 + 0,34 U_2)]} \quad (\text{Equação 3})$$

em que, Δ é a inclinação da curva de pressão de vapor d'água saturado versus temperatura do ar ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); R_n é o saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); γ é o Coeficiente psicométrico; T é a temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); U_2 é a velocidade média do vento a 2,0 m de altura (m s^{-1}); “ e_s ” é a pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa) e “ e ” é a pressão do vapor d'água do ar (kPa).

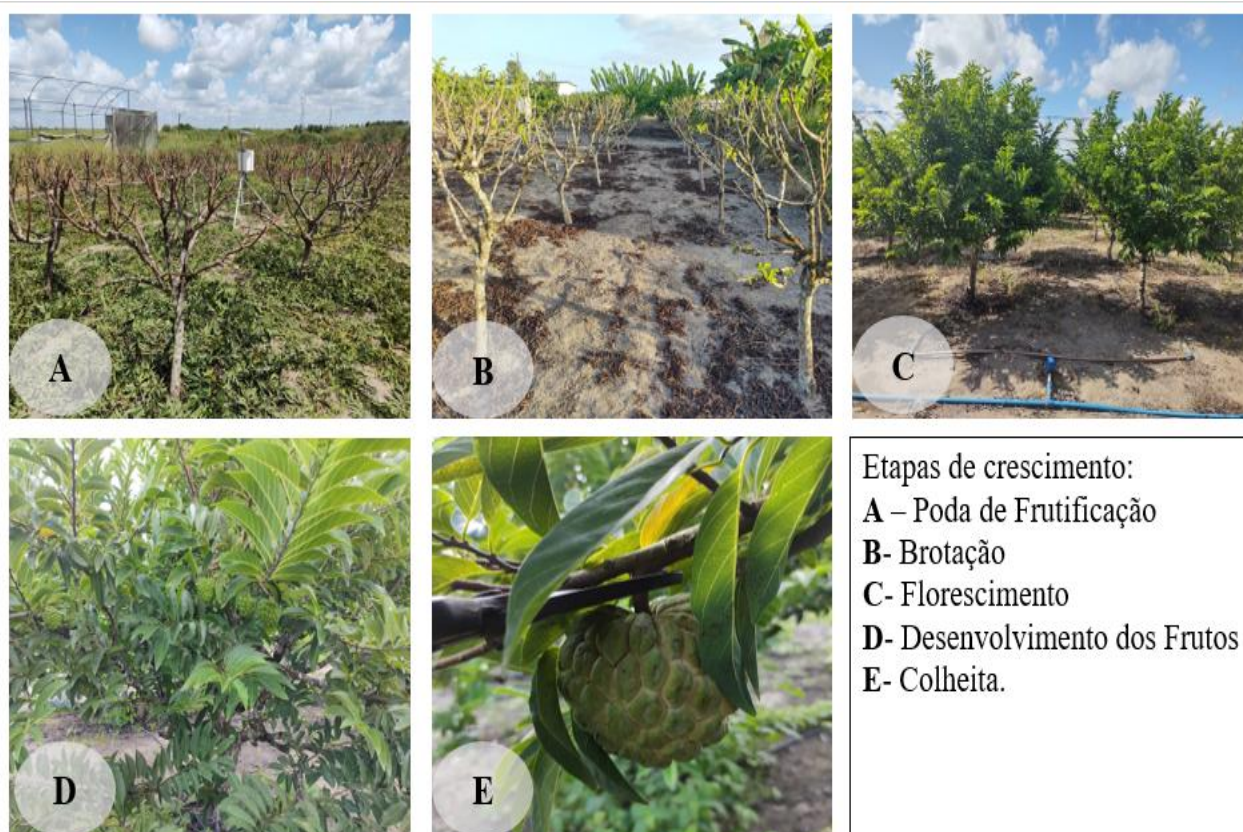
A irrigação foi realizada de 09 de novembro de 2021 a 04 de abril de 2022, período seco da região. No período de irrigação, o K_C da pinheira adotado foi 0,40 logo após a poda, 0,50 no início da brotação, 0,65 no florescimento, 0,70 no desenvolvimento dos frutos e 0,60 na colheita, conforme Moura (2007) Tabela 3 e na Figura 2 encontram-se fases fenológicas da pinheira.

Tabela 3 - Valores de K_C da Pinheira em função do estágio fenológico.

Valores de K_C da Pinheira	
Fase	K_C
Poda	0,40
Início da brotação	0,50
Florescimento	0,65
Desenvolvimento dos frutos	0,70
Colheita	0,60

Fonte: MOURA (2007)

Figura 2 - Registros aos 0 dias após a poda (A), 15 dias após a poda (B), 45 dias após a poda (C), 85 dias após a poda (D) e 125 dias após a poda (E), da área experimental do cultivo de pinheira.

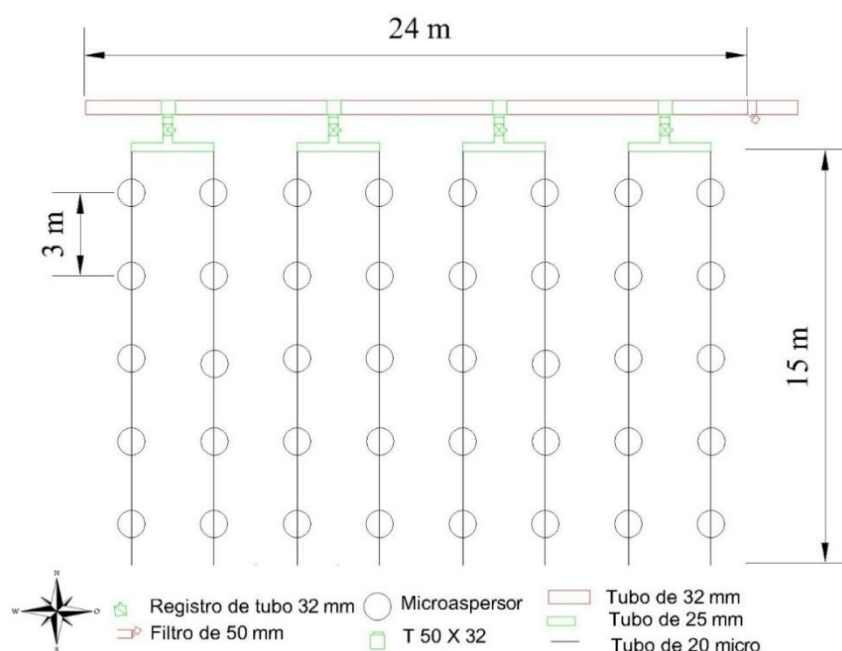


Fonte: Autor, (2023).

Na literatura para as frutíferas geralmente utiliza-se gotejamento ou microaspersão para assim, evitar o desperdício de água e ter uma maior eficiência de absorção pelas plantas. Logo, a irrigação foi realizada com microaspersores (microaspersor autocompensante AQ-206PC)

espaçados em 3,0 x 3,0 metros (1 microaspersor por planta, com vazão média de 32 L h⁻¹ (Figura 3). O turno de rega adotado foi de 3 dias. A precipitação ocorrida durante o período de irrigação foi descontada da água aplicada. O balanço hídrico do cultivo foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather, modificado por Lyra et al. (2010). A precipitação efetiva foi obtida através da subtração do excesso hídrico, obtido pelo balanço hídrico da cultura, da precipitação total. A lâmina de irrigação total foi definida como a água aplicada via irrigação mais precipitação efetiva.

Figura 3 - Detalhamento do sistema de irrigação do cultivo de pinheira.



Fonte: Autor, (2023).

3.2.4 Variáveis Analisadas

A colheita dos frutos se iniciou aos 147 dias após a poda (27 de março), quando os frutos apresentavam maturidade fisiológica, caracterizada pela transição da coloração de verde escuro para verde claro na casca e início do afastamento dos carpelos, sendo realizadas diariamente até o fim da produção das plantas. A medida em que se fazia a colheita determinou-se o número de frutos por planta, a massa de frutos por planta (kg) e o massa média de frutos (g), com uso de balança analítica; diâmetro (mm), medindo-se no maior comprimento com o uso de um paquímetro; sólidos solúveis com o uso de refratômetro. A

Produtividade da pinheira ($t\ ha^{-1}$) foi obtida pelo produto da massa de frutos por planta e quantidade de planta por hectare (1.111 plantas).

Produtividade do uso da água (PUA)

A Produtividade do uso da água (PUA) para cada lâmina de irrigação foi calculada pela Equação 4 (Tolk e Howell, 2003):

$$PUA = \frac{Y}{ET_r} \quad (\text{Equação 4})$$

em que, PUA é produtividade do uso da água ($kg\ m^{-3}\ ha^{-1}$); Y é rendimento ($kg\ ha^{-1}$); ET_r é evapotranspiração real (mm).

A análise da função de produção e respostas da cultura da pinha às lâminas de irrigação do experimento foi realizada pela curva de regressão polinomial de segundo grau, conforme Equação 5.

$$Y = b_0 + b_1x + b_2 \quad (\text{Equação 5})$$

em que, Y é a produtividade da cultura da pinha ($t\ ha^{-1}$); x é a lâmina de irrigação total (precipitação efetiva mais irrigação) e b_0 , b_1 e b_2 são os coeficientes de ajuste da equação.

A análise física da produção para a estimativa da disponibilidade hídrica total que proporciona a produtividade máxima foi feita igualando-se a zero a primeira derivada da Equação 5, conforme as Equações 6 e 7.

$$-Y = b_1 - 2b_2x \quad (\text{primeira derivada da equação 5}) \quad (\text{Equação 6})$$

$$\text{igualando-se a zero, tem-se: } b_1 - 2b_2x = 0 \therefore -2b_2x = -b_1 \therefore \quad (\text{Equação 7})$$

$$X_{M\acute{A}X} = \frac{b_1}{2b_2}$$

em que, $X_{M\acute{A}X}$ é a quantidade de irrigação (lâmina total de irrigação, mm) que proporciona a produtividade máxima ($t\ ha^{-1}$). A produtividade máxima ($Y_{M\acute{A}X}$) foi calculado pela Equação 8.

$$Y_{M\acute{A}X} = b_0 + \frac{b_1^2}{4b_2} \quad (\text{Equação 8})$$

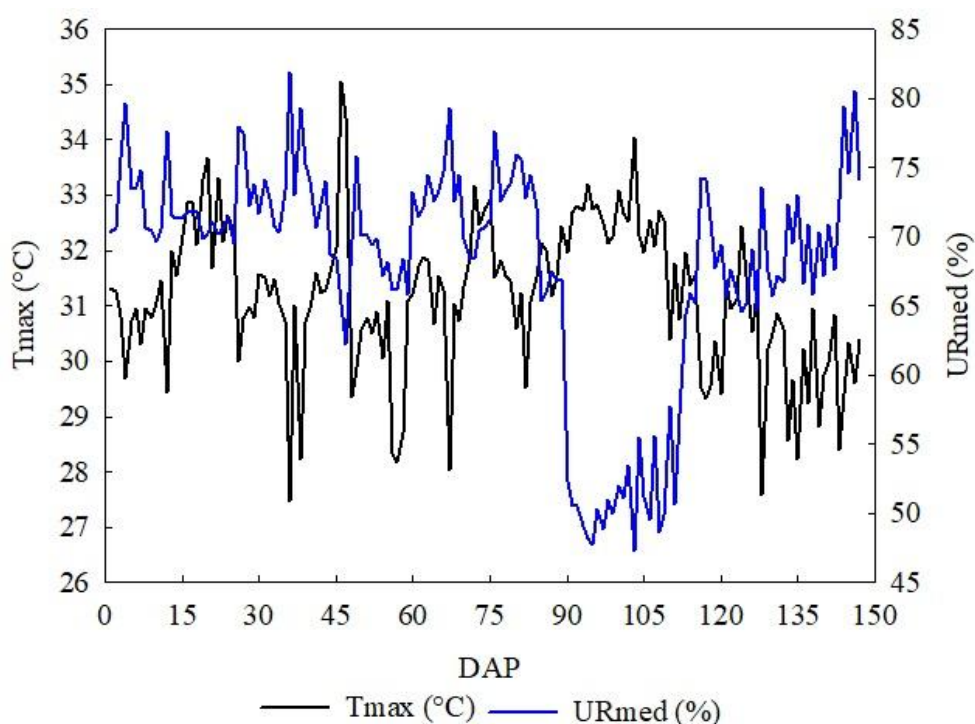
3.2.5. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância, com a utilização do programa SISVAR. Quando significativos pelo teste F, gerou-se curvas de regressão.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura máxima média (T_{MAX}) foi de $31,1 (\pm 1,4) ^\circ\text{C}$, variando de $27,5 ^\circ\text{C}$ (14 de dezembro) a $35,1 ^\circ\text{C}$ (24 de dezembro de 2021), durante o período experimental. A umidade relativa do ar média (UR_{MED}) variou de 47,3% (19 de fevereiro de 2022) a 94,8% (08 de abril de 2022) e a média geral foi 70,5% (Figura 4).

Figura 4 - Temperatura ($^\circ\text{C}$) máxima (T_{MAX}) diárias e umidade relativa (%) do ar média diária (UR_{MED}), na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.

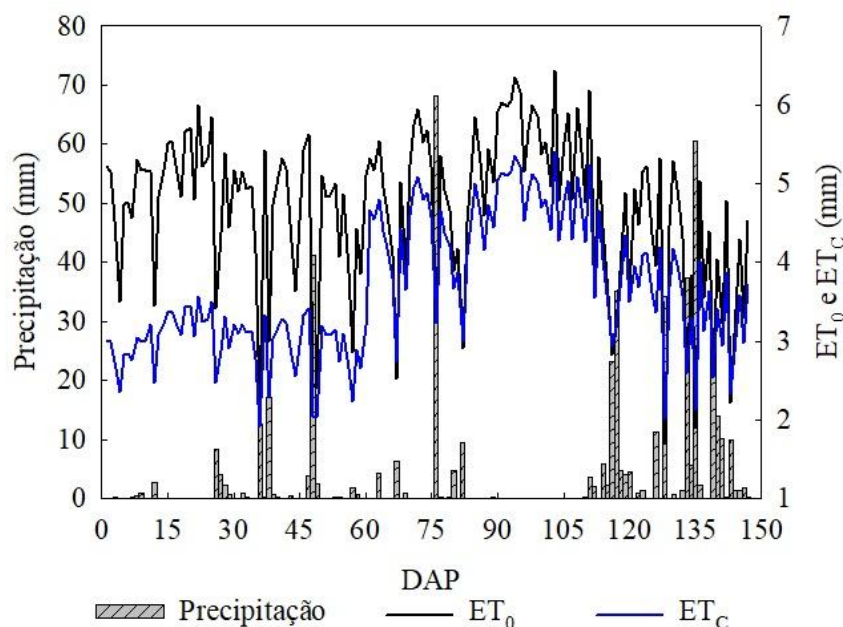


Fonte: Autor, (2023).

Para a produção satisfatória da pinha, Lederman (2019) afirma que a temperatura o ar deve variar de 23 a 34 $^\circ\text{C}$, e a região deve possuir UR média acima de 70%. Diante do exposto, ratifica-se que a região de Rio Largo detém disponibilidade térmica adequada para a obtenção da produtividade potencial da pinheira.

A precipitação acumulada durante o período experimental foi 505,2 mm. Março foi o mês mais chuvoso (297 mm) e novembro o menos chuvoso (4,8 mm). A ET_0 acumulada durante o cultivo foi 732,5 mm, com média diária de $4,7 (\pm 1,0) \text{ mm dia}^{-1}$. E, apenas durante a aplicação dos tratamentos (período de irrigação) a ET_C somou 453 mm (Figura 5).

Figura 5 - Precipitação pluvial (precipitação), evapotranspiração de referência (ET_0) e da cultura (ET_C) na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.



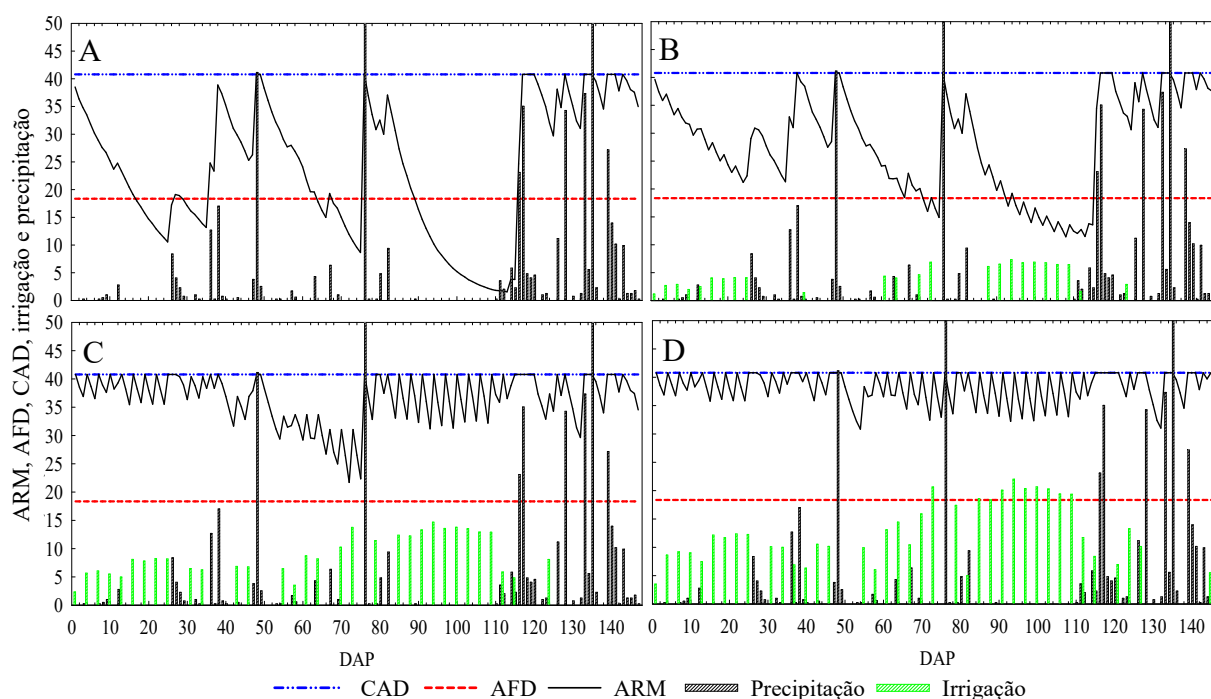
Fonte: Autor, (2023).

Na Figura 6 são apresentados os balanços hídricos da cultura da pinheira para os diferentes níveis de irrigação durante o período experimental. O início da aplicação dos tratamentos ocorreu imediatamente após a poda. A estimativa da umidade do solo em função das entradas e saídas de água mostraram que para o tratamento sem irrigação (sequeiro), o armazenamento de água no solo (ARM) comportou-se semelhante a precipitação (Figura 6A). Em uma sequência de dias sem a ocorrência de precipitação, o ARM tendeu ao decréscimo, chegando a níveis inferiores a água facilmente disponível (AFD), que é a fração de água no solo que pode ser retirada facilmente pelas raízes, e com uma nova ocorrência de precipitação, o ARM aumentou novamente. Essa redução da AFD foi mais acentuada entre 90-120 dias após a poda, caracterizada como a fase de crescimento dos frutos, o que o déficit hídrico acarreta perdas diretas na produtividade. A lâmina de 226,5 mm também ocasionou redução do ARM, mas com uma queda menos acentuada, em virtude da ocorrência da irrigação (Figura 6B). O ARM nas lâminas de 498,3 e 679,5 mm estiveram com valores adequados ao cultivo todo período de irrigação (Figura 6C e D).

O déficit hídrico que foi acentuado até os 120 dias Figura 6A, impactou diretamente no desenvolvimento de frutos, uma vez que, durante esse período a planta passava pelas fases de florescimento e formação de frutos. Biologicamente uma planta quando estressada pelo déficit

emite dezenas e mais dezenas de flores, entretanto, o estresse hídrico causado pela falta de água configura como uma necessidade da planta para se manter produzindo mais frutos com o intuito de produzir sementes para disseminar a espécie. Mas, esses frutos serão considerados de baixa qualidade, uma vez que a mesma não terá estruturalmente condições para suportar uma grande quantidade de frutos e de tamanho expressivo. E isso vai refletir consequentemente no número de frutos por planta, diâmetro de frutos e teor de sólidos solúveis. O estresse causado pelo excesso de água também desperta um comportamento similar as reações de defesa da planta quando em estado de déficit hídrico Figura 6B, já que a planta também apresenta mecanismos de defesa de que precisa produzir menos já que se encontra em estado de abundância hídrica para a produção.

Figura 6 - Balanço hídrico da cultura da pinheira, com diferentes níveis de irrigação, 0% (Sequeiro) (A), 50% (B), 100% (C) e 150% (D) da ET_C , armazenamento de água no solo (ARM), água facilmente disponível (AFD), capacidade de água disponível no solo (CAD) e irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.



Fonte: Autor, (2023).

O resumo da análise de variância das variáveis analisadas da pinheira cultivada sob diferentes níveis de irrigação está na Tabela 4. As variáveis analisadas foram afetadas significativamente pelos níveis de irrigação, a 1% de probabilidade para as variáveis: n° de frutos por planta, massa de frutos por planta, massa média do fruto, diâmetro do fruto e sólidos solúveis, produtividade e produtividade do uso da água.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância das variáveis número de frutos por planta, massa de frutos por planta, massa média do fruto, diâmetro do fruto, sólidos solúveis, produtividade e eficiência do uso da água da pinha em função de lâminas de irrigação.

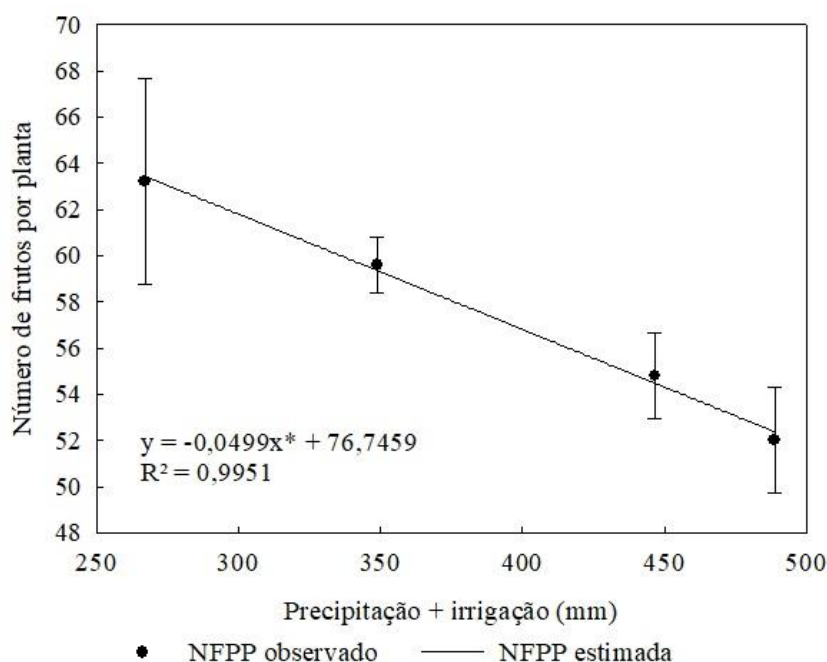
QUADRADOS MÉDIOS					
Causa da variação	G.L.	Nº de frutos por planta	Massa de frutos por planta (kg)	Massa média do fruto (kg)	Diâmetro do fruto (mm)
Níveis de Irrigação	3	124,00**	34,75**	0,016**	179,14**
Regressão Linear		0,07**	0,03**	0,0007**	0,06**
Regressão Quadrática		0,00008 ^{ns}	0,0005**	0,000009**	0,001**
Resíduo	16	9,3	0,00008	0,0007	3,86
Total	19				
C.V		5,31	9,52	7,35	3,32
Produtividade					
	3	°Brix	(t ha ⁻¹)	EUA	
Níveis de Irrigação	16	7,48**	42,91**	73,71**	
Regressão Linear		0,001 ^{ns}	0,032**	0,006 ^{ns}	
Regressão Quadrática		0,0003**	0,0006**	0,0005**	
Resíduo	19	0,47	1,05	6,58	
Total					
C.V		3,93	9,52	9,92	

C. V = Coeficiente de variação; GL- Graus de liberdade; ** Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade; * significativo ao nível de 0,05 de probabilidade; ns- não significativo pelo teste F (p<0,05).

Fonte: Autor, (2023).

A variável número de frutos por planta apresentou ajuste linear decrescente com as diferentes lâminas totais de irrigação (precipitação efetiva + irrigação). À medida que se aumentou a quantidade de água aplicada (mm) ocorreu diminuição no número de frutos por planta. O tratamento em sequeiro (267 mm) apresentou média de 63 ($\pm 4,0$) frutos por planta, quantidade superior em 21% a lâmina de 489 mm que apresentou média de 52 ($\pm 2,0$) frutos por planta (Figura 7). Tratamentos com déficit hídrico tendem a produzir maior quantidade de frutos, no entanto, os frutos são de tamanho inferior e a maior parte está fora do padrão para comercialização (JACINTO et al., 2019). Relação diferente quando a planta está em condição ótima, pois esta, investe no tamanho do fruto. Em condições de déficit hídrico, de acordo com Angelocci (2002), ao mesmo tempo em que as plantas perdem água na forma de vapor (transpiração), elas trocam dióxido de carbono e oxigênio com a atmosfera, sendo o CO₂ a fonte de carbono na fotossíntese. E, com os estômatos fechados, essa troca gasosa é reduzida (PELOSO et al., 2017). Esse fato justifica plantas com maior número de frutos, mas com comportamento inverso em seus componentes produtivos como um todo.

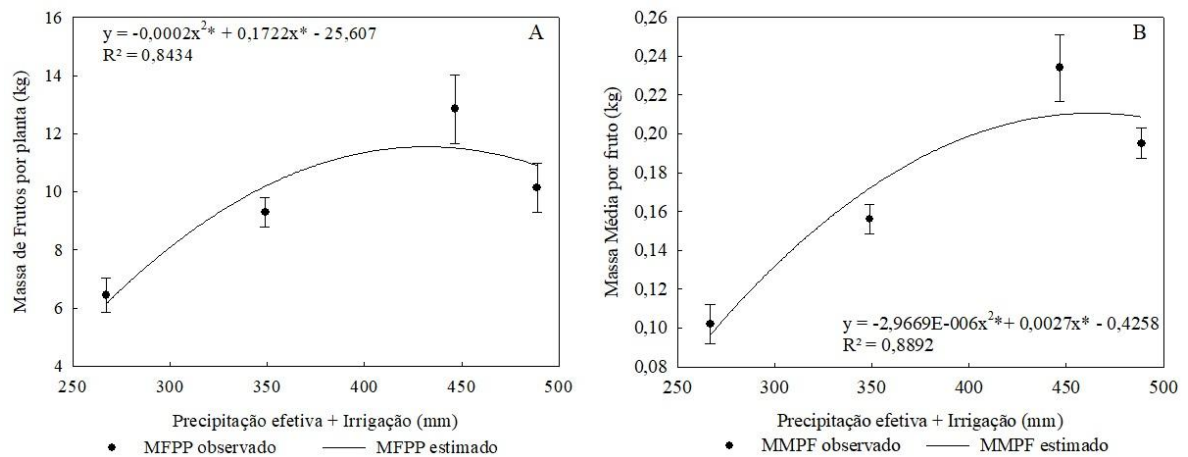
Figura 7 - Número de frutos por planta da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.



Fonte: Autor, (2023).

A massa de frutos (kg) por planta apresentou comportamento quadrático. O maior valor (12,85 kg) foi obtido com a aplicação de 446,68 mm (Figura 8). A partir daí a massa de frutos tendeu a redução, ocasionado pelo excesso de água. A maior massa média de frutos de pinha (kg) foi de 0,234 kg por fruto, obtido com a aplicação da lâmina de 446,68 mm (Figura 8). Sob restrição hídrica, a planta apresenta menor quantidade de fotoassimilados disponíveis para o crescimento dos frutos. Oliveira et al. (2020) avaliando as alterações fisiológicas no crescimento inicial de pinheira submetida ao estresse hídrico constataram redução no seu crescimento sob déficit hídrico. Nessas situações a planta tende a diminuir sua área transpirante, devido à restrição da disponibilidade hídrica de água no solo, reduzindo consequentemente a assimilação de CO_2 (Jacinto et al., 2019) o que causa redução no acúmulo de massa das plantas.

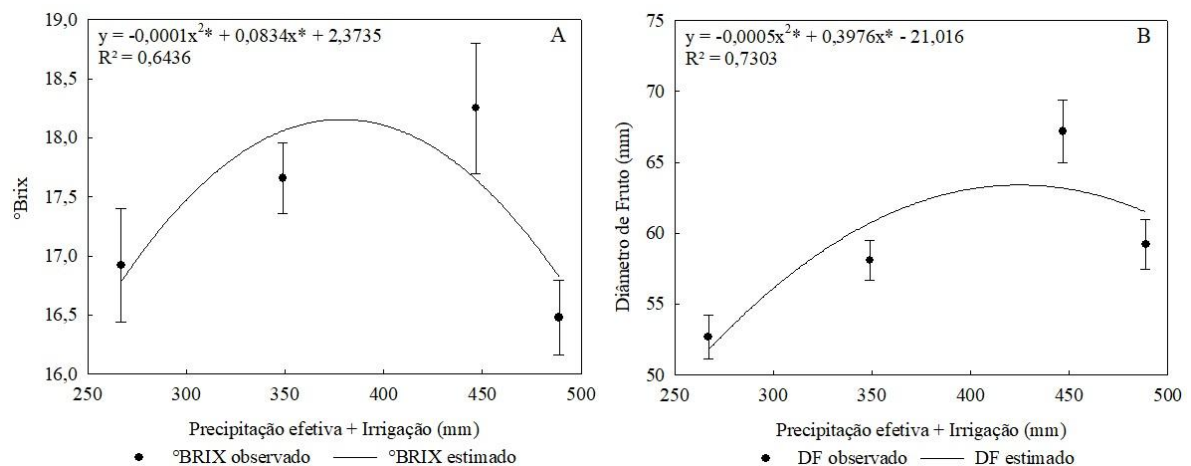
Figura 8 - Massa de frutos por planta e massa média por fruto (kg) da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.



Fonte: Autor, (2024).

Quanto a variável diâmetro do fruto, o valor máximo observado foi de 67,19 mm, com a aplicação de 446,68 mm (Figura 9), a partir dessa lâmina não houve resposta satisfatória para o diâmetro do fruto. O valor de Sólidos solúveis (°Brix) máximo obtido para a cultura da pinha foi de 18,25 com a lâmina de irrigação de 446,68 mm (Figura 9). Esses resultados se assemelham aos obtidos por Silva et al. (2020), que avaliaram lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ET_c) na cultura da pinheira. Outros desempenhos diversos do esperado foram obtidos com a aplicação próximo a 446,68 mm, com pior desempenho para lâminas inferiores e superiores a esta. Isso ratifica os dados dessa pesquisa, em que níveis de irrigação próximos a 100% da ET_c garantem frutos de maior qualidade.

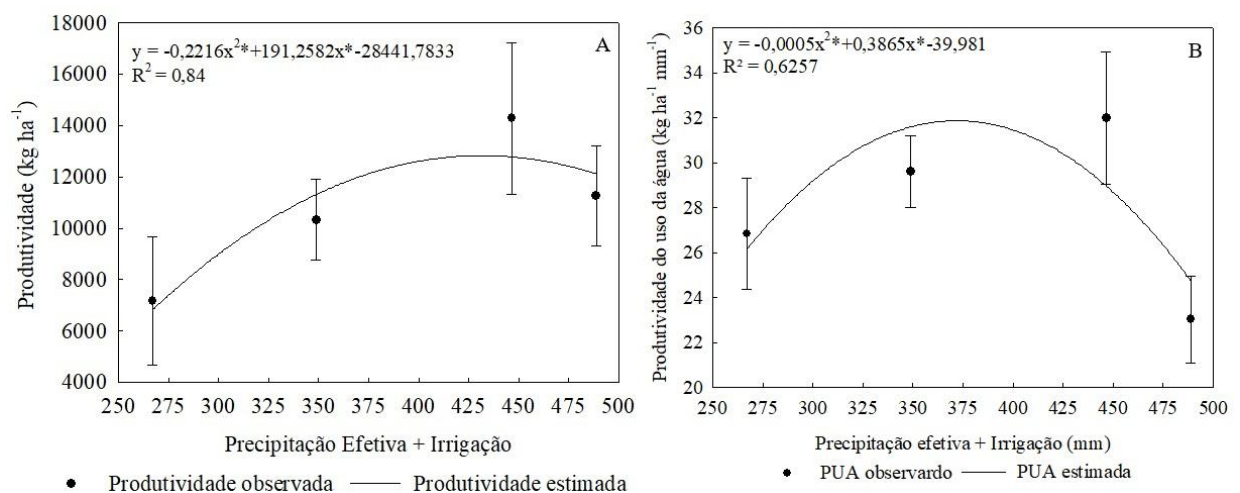
Figura 9 - Sólidos solúveis (°Brix) e diâmetro do Fruto (mm) da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.



Fonte: Autor, (2023).

A produtividade da cultura da pinha apresentou comportamento quadrático em função dos níveis de irrigação. A produtividade máxima obtida foi de 14,28 toneladas por hectare com a aplicação de 446,68 mm (Figura 10). De acordo com Lima et al. (2020) com as condições de distribuição regular das precipitações manejados e com nível tecnológico mais intensivo, obtém-se de 6 a 15 toneladas por hectare. Para os mesmos autores, quando não ocorre o adequado suprimento hídrico da cultura associada ao baixo nível tecnológico, a produtividade é de no máximo 3 toneladas por hectare. Este cenário é o mais encontrado nos pomares Alagoanos. No estudo da fisiologia e produção da pinheira sob estresse hídrico no Semiárido Paraibano, Torres et al. (2023) afirmaram que além da quantidade de água aplicada ao solo, os intervalos entre as regas interferem na produtividade da pinheira. O déficit hídrico no solo é considerado o principal fator abiótico que interfere no rendimento das frutíferas, como a pinheira. Esse estresse atua diretamente na redução da eficiência carboxilativa e na atividade da rubisco e outras enzimas, comprometendo a capacidade fotossintética e o desenvolvimento de plantas (REZENDE et al., 2019). A redução da taxa de assimilação de CO_2 está relacionada com a diminuição do potencial hídrico do solo, porque sob condições de restrição hídrica seu potencial hídrico torna-se mais negativo (PINHEIRO et al., 2022). Diante do exposto, observa-se que a irrigação gera incremento produtivo na pinheira até níveis de irrigação próximos a 100% da ET_C .

Figura 10 - Produtividade de frutos (kg ha^{-1}) (A) e produtividade do uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) (B) da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.



Fonte: Autor, (2023).

É importante também levar em consideração que as aplicações de lâminas excessivas de água tendem a provocar maiores lixiviações de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, além disso, pode saturar o solo provocando uma menor oxigenação do sistema radicular (MESQUITA et al., 2013).

Paralelamente à produtividade de frutos, que se refere ao máximo aproveitamento da planta em função das diferentes disponibilidades de água no solo, tem-se a produtividade do uso da água (PUA). A maior PUA ($31,98 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) foi obtida com a aplicação de 446,68 mm. Quando sujeita a condições de déficit hídrico, a planta busca aumentar a eficiência de utilização da água disponível, reduzindo o fechamento estomático e evitando perdas por transpiração (KAPOOR et al., 2020). Independente da condição de suprimento hídrico, em função da taxa evaporativa, ao longo do dia ocorre o desbalanço entre a água absorvida pelo sistema radicular e a transpirada pelas folhas (SILVA et al., 2013). À medida que a água do solo se torna escassa, a planta começa a reduzir sua taxa transpiratória para minimizar a perda de água e economizar a água disponível no solo (SILVA et al., 2015). A máxima PUA foi obtida com a aplicação de 42,09 mm a menos em relação a máxima lâmina aplicada que foi de 488,77 mm. Neste sentido, esse manejo de irrigação é uma alternativa a ser adotada em regiões que necessite adotar a técnica de irrigação, mas a quantidade de água disponível não é abundante, assim como em termos econômicos.

3.4 CONCLUSÕES

Sob condições de sequeiro ocorre maior produção de frutos da pinheira (63 frutos por planta), porém, de menor massa (120 g por fruto).

Níveis de irrigação próximos a 100% da ET_C , equivalente a lâmina total de água de 446,68 mm, geram maior teor de açúcares (18,25 °Brix), diâmetro de frutos (67,19 mm), massa de frutos e produtividade agrícola ($14,28 \text{ t ha}^{-1}$) da pinheira.

A maior produtividade agrícola da água da pinheira é de $14,28 \text{ t ha}^{-1}$ obtida com a lâmina total de água de 446,68 mm.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA L. S.; RAES D.; SMITH M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations: v. 301, pag.56, 1998.
- ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Edição do autor, Piracicaba. pag.272, 2002.
- CAPITULINO, J.D.; LIMA, G.S.; AZEVEDO, C.A.V.; SILVA, A.A.R.; VELOSO, L.L.S.A.; FARIAS, M.S.S.; SOARES, L.A.A.; GHEYI, H.R.; LIMA V.L.A. Gas exchange and growth of soursop under salt stress and H₂O₂ application methods. *Journal of Biology*. **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 82, 2. ed. 312p. 2022. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.261312>. Acesso em: 22 Jan. de 2024.
- CARVALHO, O. M. Classificação e caracterização físico-hídrica de solos de Rio Largo cultivados com cana-de-açúcar. 2003. 74 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas. 2003.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. Recife, PE: IPA, 212p. 2008.
- DE FATIMA, R. T.; NOBREGA, J. S.; FERREIRA, J. T. A.; CELEDONIO, W. F.; FIGUEREDO, F. R. A.; RIBEIRO, J. E. S.; PEREIRA, M. B.; PEREIRA, W. E. Physiological response of apple seedling under irrigation with saline water and foliar nitrogen. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.17, n.2, e473, 2022.
- FERNANDES, E.A.; SOARES, L.A.A.; LIMA, G.S.; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; FERNANDES, P.D. Photosynthetic pigments, photochemical efficiency and growth of custard-apple under salt stress and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 5, pag. 365-373, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26.n5pag.365-373>. Acesso em: 17 Jun. de 2023.
- FERREIRA, F.N.; LIMA, G.S.; GHEYI, H.R.; SA, F.V.S.; DIAS, A.S.; SOARES, L.A.A. Production and post-harvest quality of custard apple irrigated with saline water and fertilized with N-P-K. **Comunicata Scientiae**, v. 13, n. 1, p.37-95, 2022. <http://dx.doi.org/10.14295/CS.v13.3795>. Acesso em: 28 Jun. de 2023.
- FERREIRA, F. N. Águas salinas e combinações de adubação com NPK no cultivo de pinheira no segundo ciclo. 2020. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2020. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/20396>. Acesso 18 Jun. de 2023.
- FIGUEIREDO, F. R. A.; GONÇALVES, A. C. M.; SILVA, J. E.; RIBEIRO, T. I. D. S.; NOBREGA, J. S.; DIAS, T. J. Gas exchanges in sugar apple (*Annona squamosa* L.) subjected to salinity stress and nitrogen fertilization. **Australian Journal of Crop Science**. v. 13, n. 12, p. 1835-2707, 2019. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.12.p1754>. Acesso em: 11 de mai. 2023.
- GONG et al. Effects of 1-MCP treatment on storage quality and physiological changes of sweetsop (*Annona squamosa* L.) fruit during cold storage. **Food Sci.**, 28 (6), p. 340-343, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo agropecuário. Levantamento sistemático da produção agrícola. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2887>. Acesso em: 21 Abr. de 2023.

JACINTO JÚNIOR, S.G., MORAES, J.G.L., SILVA, F.D.B., and SILVA, B. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 34, n. 3, pag. 413-422, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786343047>. Acesso em: 14 Mai. de 2023.

KAPOOR, D., BHARDWAJ, S., LANDI, M., SHARMA, A., RAMAKRISHNAN, M. and SHARMA, A. The impact of drought in plant metabolism: how to exploit tolerance mechanisms to increase crop production. **Applied Sciences**, vol. 10, no. 16, pag. 1-19, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/app10165692>. Acesso em: 14 Mai. 2023.

LEDERMAN, I. E. Técnicas de cultivo da pinheira (fruta-do-conde, ata) *Annona squamosa* L. Toda fruta-artigo técnico n. 8, 2019. Editor: Luiz Carlos Donadio/Coeditora: Nicole Donadio, 14p. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wpcontent/uploads/2019/04/ARTIGO-8-PINHA3.pdf>. Acesso em: 3 Mai. de 2023.

LEMO, E. E. P. The production of annona fruits in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. spe1, p. 77-85, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500009>. Acesso em: 15 de Mai. de 2023.

LIMA, G. S. DE; FERNANDES, C. G. J.; SOARES, LA. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v.33, p.184-194, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n120rc>. Acesso em: 3 Mai. de 2023.

LIMA, G.S., NOBRE, R.G., GHEYI, H.R., SOARES, L.A.A. and SILVA, A.O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 46, no. 1, pp. 1-10, 2015 <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902015000100001>. Acesso em: 21 Abr. de 2023.

LYRA, G. B.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; SANTOS, M. A. Balanço sequencial de água no solo para o manejo da irrigação de baixa frequência e alta intensidade na cana-de-açúcar. **STAB**, v. 28, pag. 22-25, 2010.

MELO, E. N.; NOBRE, R. G.; PINHEIRO, F. W. A.; SOUZA, L. P.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, W. L. Evaluation of west Indian cherry (*Malpighia emarginata*) rootstock under saline water irrigation and nitrogen fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 6, p. 1034-1040, 2018. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1314>. Acesso em: 28 Abr. de 2023.

MESQUITA, J.B.R.; AZEVEDO, B.M.; CAMPELO, A.R.; FERNANDES, C.N.; VIANA, T.V.A. Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação, **Irriga**, v.18, n., p.364-375, 2013.

MOURA, B.R. **Avaliação do uso da água em fruteiras irrigadas no projeto Jaíba**. Dissertação: Universidade federal de Viçosa, pag.96, 2007.

OLIVEIRA, A.S., CASTELLANI, M.A., NASCIMENTO, A.S. and MOREIRA, A.A., 2016. Perfil do sistema de produção de pinha nos polos de fruticultura da Bahia, com ênfase nos

aspectos fitossanitários da cultura. **Extensão Rural**, vol. 23, no. 2, pag. 95-111, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/2318179613034>. Acesso em: 28 Abr. de 2023.

OLIVEIRA, J. D.; LEMOS, E. E. P.; CARVALHO FILHO, R.V.; SANTOS, E. F.; SILVA, R. B.; GALLO, C. M. Alterações fisiológicas no crescimento inicial de pinheira (*Annona squamosa* L.) submetida ao stresse hídrico. **Revista de Ciências Agrárias**, v.43, pag.53-63, 2020.

PANDEY, N.; BARVE, Dushyant. Phytochemical and pharmacological review on *Annona squamosa* Linn. **International Journal of research in pharmaceutical and biomedical sciences**, v. 2, n. 4, pag.1404-1412, 2011.

PELOSO, A.F.; TATAGIBA, S.D.; REIS, E.F.; PEZZOPANE, J.E.M.; AMARAL, J.F.T. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee Science**, vol. 12, n. 3, pag.389-399, 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia (Fundamentos e aplicações práticas)**. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba – RS. pag.47, 2002.

PINHEIRO, F.W.A., LIMA, G.S., GHEYI, H.R., SOARES, L.A.A., NOBRE, R.G., SILVA, L.A., LACERDA, C.F. and FERNANDES, P.D. Quantum yield, chlorophyll, and cell damage in yellow passion fruit under irrigation strategies with brackish water and potassium. **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 82, pp. e265519, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.265519>.

PINHEIRO, F.W.A., LIMA, G.S., GHEYI, H.R., SOARES, L.A.A., OLIVEIRA, S.G. and SILVA, F.A. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 53, pag. e20217816, 2022. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20220009>. Acesso em: 28 Ago. de 2023.

RESENDE, C. F., PACHECO, V. S., DORNELLAS, F. F., OLIVEIRA, A. M. S., FREITAS, J. C. E.; PEIXOTO, P. H. P. Responses of Antioxidant enzymes, photosynthetic pigments and carbohydrates in micropropagated *Pitcairnia encholirioides* L.B.Sm. (Bromeliaceae) under ex vitro water deficit and after rehydration. **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 79, no. 1, pag. 52-62, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.175284>. Acesso em: 18 Ago. de 2023.

SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; LACERDA, C.F.; PEREIRA FILHO, J.V.; FREITAS, C.A.S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, pag.86-93, 2013.

SILVA, E. E. et al. Estudo fitossociológico da comunidade infestante no pomar de pinha (*Annona squamosa* L.) no Município de Rio Largo-Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v.5, n.1, pag.9435-9435, 2020.

SILVA, F. A., ALMEIDA NETO, I.P., FERNANDES, P.D., DIAS, M.S., BRITO, M.E.B. and LIMA, A.M. Ecofisiologia de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação. **Research. Social Development**, vol. 9, no. 7, pag. e305974175, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4175>. Acesso em: 13 Set. de 2023.

SILVA, F.G.; DUTRA, W.F.; DUTRA, A.F.; OLIVEIRA, I.M.; FILGUEIRAS, L.M.B.; MELO, A.S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas

de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19 pag. 946–952, 2015.

SINCLAIR, T.R.; ZWIENIECKI, M.A. & HOLBROOK, N.M. Low leaf hydraulic conductance associated with drought tolerance in soybean. **Physiologia Plantarum**, vol. 132, n. 4, pag. 446-451, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01028.x>. Acesso em: 09 Nov. de 2023.

SOUZA, J. L.; NICÁCIO, R.M.; MOURA, M.A.L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brasil. **Renewable Energy**, v.30, pag.1203-1220, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, v.8, n.1. pag.104, 1955.

TOLK, J.A.; HOWELL, T.A. Water use efficiencies of grain sorghum grown in three USA southern great plains soils. **Agric Water Manag**, v.59, pag.97–111, 2003

TORRES, R.A.F.; LIMA, G.S.; PAIVA, F.J.S.; SOARES, L.A.A.; SILVA, F.A.; SILVA, L. A.; OLIVEIRA, V.K.N.; MEDONÇA, A.J.T.; ROQUE, I.A.; SILVA, T.A. Physiology and production of sugar-apple under water stress and application of proline. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 83, e273404, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273404>. Acesso em: 16 Nov. de 2023.

VIEIRA, T. A. et al. Métodos de manejo da irrigação no cultivo da alface americana. Uberaba, 2009. Disponível em:http://www.cefetuberaba.edu.br/paginas_html/revista/pdf/Resumo20.pdf. Acesso em: 08 nov. 2022.

CAPÍTULO III

4. RENDIMENTO PRODUTIVO E FINANCEIRO DA PINHEIRA (*Annona squamosa* L.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA REGIÃO DE RIO LARGO, AL

Resumo: As respostas da pinheira à diferentes níveis de irrigação é essencial para estimar os rendimentos financeiros dessa cultura e dos sistemas de irrigação. Por isso, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a produtividade e os rendimentos financeiros do cultivo da pinheira em função da disponibilidade hídrica na região de Rio Largo, AL. A pesquisa foi realizada entre novembro de 2021 a abril de 2022 (período seco da região), no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (9°27'58,7'' S; 35°49'47,2'' W; 127 m), no município de Rio Largo, Alagoas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados (DIC), com cinco repetições. Quatro tratamentos de irrigação foram testados, equivalentes a: L₁: 0% (sequeiro), L₂: 50%, L₃: 100% e L₄: 150% da evapotranspiração real da cultura (ET_c), totalizando 20 parcelas experimentais. A irrigação foi realizada com microaspersores com vazão de 32 L h⁻¹, espaçados em 3,0 x 3,0 metros. O balanço hídrico do cultivo foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather, em escala decenal. A lâmina total foi definida como a irrigação total mais a precipitação efetiva. A Produtividade da pinheira (t ha⁻¹) foi obtida pelo produto da massa de frutos por planta e quantidade de planta por hectare (1.111 plantas). Para realizar o estudo da viabilidade financeira, levantou-se o custo de investimento em um sistema de irrigação por microaspersão, para um hectare. A avaliação financeira da produção da cultura da pinha foi realizada com o preço do insumo (milímetro de água) aplicado e o preço do produto (1 kg de pinha). A produtividade física máxima (PFM) da pinheira foi de 12.825,93 kg ha⁻¹ com a lâmina de irrigação total estimada de 431,54 mm (precipitação efetiva + irrigação). A produtividade de máxima eficiência financeira (PMEF) da cultura da pinheira, com o preço médio R\$ 4,39 reais por quilo, e o valor do milímetro aplicado de R\$ 2,07 reais, é 12.825,68 kg ha⁻¹ com a lâmina de irrigação total de 430,48 mm (precipitação efetiva + irrigação).

Palavras-chave: Família annonaceae; Investimento financeiro; Manejo de irrigação; Restrição de água.

PRODUCTIVE AND FINANCIAL YIELD OF SUGAR APPLE (*Annona squamosa* L.) AS A FUNCTION OF WATER AVAILABILITY IN THE REGION OF RIO LARGO, AL

Abstract: The response of sugar apple to different levels of irrigation is essential for estimating the financial returns of this crop and of irrigation systems. The aim of this study was therefore to evaluate the productivity and financial returns of pine trees as a function of water availability in the Rio Largo region, AL. The research was carried out between November 2021 and April 2022 (the region's dry season) at the Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA) of the Federal University of Alagoas (9°27'58.7" S; 35°49'47.2" W; 127 m) in the municipality of Rio Largo, Alagoas. The experimental design adopted was entirely randomized (DIC), with five replications. Four irrigation treatments were tested, equivalent to L1: 0% (rainfed), L2: 50%, L3: 100% and L4: 150% of the crop's actual evapotranspiration (ET_c), totaling 20 experimental plots. Irrigation was carried out using micro-sprinklers with a flow rate of 32L h⁻¹ spaced 3.0 x 3.0 meters apart. The crop's water balance was calculated using the Thornthwaite and Mather method on a decadal scale. The total water table was defined as total irrigation plus effective rainfall. Pine tree productivity (t ha⁻¹) was obtained from the product of the mass of fruit per plant and the number of plants per hectare (1,111 plants). To carry out the financial feasibility study, the cost of investing in a micro-sprinkler irrigation system for one hectare was calculated. The financial evaluation of the sugar apple crop was carried out using the price of the input (millimeter of water) applied and the price of the product (1 kg of sugar apple). The maximum physical productivity (MPP) of the pine tree was 12,825.93 kg ha⁻¹ with an estimated total irrigation rate of 431.54 mm (effective rainfall + irrigation). The productivity of maximum financial efficiency (PMEF) of the pine tree crop, with an average price of R\$ 4.39 reais per kilo, and the value of the millimeter applied of R\$ 2.07 reais, is 12,825.68 kg ha⁻¹ with a total irrigation depth of 430.48 mm (effective rainfall + irrigation).

Keywords: *Annona squamosa* L.; irrigation management; water restriction.

4.1 INTRODUÇÃO

Da família Annonaceae, a pinha (*Annona squamosa* L.) é uma das espécies frutífera mais cultivadas. Ela apresenta porte pequeno de 4 a 6 metros de altura, com folhas lanceoladas, decíduais e de coloração verde brilhante na parte superior e verde azulada na parte inferior (SANTOS et al., 2016; FIGUÊIREDO et al., 2016). O grande interesse em seu cultivo se deve aos altos preços da polpa e da fruta, com grande potencial para exportação (BRAGA SOBRINHO, 2014). Na indústria, ela possui grande potencial para aplicação, devido ao seu sabor e fragrância especial, com a produção e processamento de sucos, refrigerantes, sorvetes (FERREIRA et al., 2021). Além disso, possui propriedades medicinais, usada como antioxidante, antidiabético, hepatoprotetor, genotoxicidade, agente antitumoral (PANDEY E BARVE, 2011), fonte de vitaminas, fibras e minerais, agindo contra infecções bacterianas e distúrbios nervosos, além de ter ação antidepressiva (FERREIRA et al., 2021).

Os maiores produtores de pinha no mercado mundial são: México, Índia, Brasil, Tailândia, Filipinas e Cuba (SÃO JOSÉ, 2014). A produção brasileira em 2017 foi em torno de 8,72 mil toneladas, que gerou mais de R\$ 20 milhões (IBGE, 2022). O país se destaca pela produção e comercialização da pinha, que pode ser consumida *in natura* ou em produtos processados, gerando de forma direta e indireta emprego e renda (OLIVEIRA et al., 2016).

Os pomares da região Nordeste apresentam baixo desempenho produtivo em razão da dificuldade de muitos produtores obterem informações sobre as práticas e condições de manejo adequado a cultura, (LE MOS, 2014; DE FÁTIMA et al., 2022) entre elas a necessidade hídrica da cultura. A produtividade da cultura em pomares bem manejados e com nível tecnológico mais intensivo, chega a 15 toneladas por hectare, já em pomares com baixo nível tecnológico e com dificuldade de manejo, a produtividade fica em torno de 3 toneladas por hectare (LIMA et al., 2020). Os obstáculos à expansão das áreas produtivas na região semiárida brasileira incluem a irregularidade de chuvas e alta taxa de evapotranspiração, o que resulta em limitações para disponibilidade adequada de água durante o ciclo da cultura, levando a perdas de produção e alterações na qualidade dos frutos (LIMA et al., 2015; LIMA et al., 2020; FERNANDES et al., 2021; CAPITULINO et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022).

Na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, a precipitação pluvial se concentra nos meses de abril a setembro, a solução para amenizar o efeito negativo da escassez de precipitação, aumentar a produtividade e ao mesmo tempo a utilização das terras o ano inteiro, é a irrigação, para viabilizar o cultivo de frutíferas quando a precipitação pluvial for irregular ou insuficiente.

Outro fator importante no cultivo da pinha é o manejo da água, pois tanto o excesso quanto a falta de água podem afetar ou limitar a produtividade das culturas agrícolas. Por isso, a irrigação em quantidade adequada e associada a outras técnicas de cultivo pode aumentar a produtividade, a qualidade dos produtos colhidos e o sucesso dos empreendimentos agrícolas (VIEIRA et al., 2009). A pinha é tolerante a condições de deficiência hídrica (FERNANDES et al., 2022), porém, a sensibilidade das plantas ao estresse varia de acordo com os estágios de desenvolvimento (FERREIRA et al., 2022).

No ano de 2022, o preço médio do quilograma de pinha, no Centro Estadual de Abastecimento (CEASA) de Maceió – AL, alcançou R\$ 4,39 reais (Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas – IDERAL, 2022) e isso demonstra que a cultura da pinha pode ser uma opção para melhorar a rentabilidade econômica dos pequenos e médios produtores. Dessa forma, objetivou-se realizar o rendimento financeiro da pinha em função da irrigação na região de Rio Largo, AL.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Fonte dos dados

A área de estudo deste trabalho foi a região dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas. Especificamente, foi escolhido o município de Rio Largo onde está situado o Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas e por ser um centro de pesquisa e possuir um pomar de pinha variedade “crioula” adulto com cerca de 09 anos de idade, pomar este com 360 m² e que possui em sua área total 40 plantas. Para obter a correta compreensão da análise de viabilidade financeira do projeto de irrigação optou-se, primeiramente, pelo estudo exploratório, com o levantamento de dados com custos de produção. A pesquisa foi realizada entre os meses de novembro de 2021 a abril de 2022, que corresponde ao período seco da região. O solo do local é classificado como Latossolo amarelo coeso argisólico de textura médio-argiloso. Os dados meteorológicos utilizados foram capitados da Estação Meteorológica que consta instalada a poucos metros da área experimental e que foram cedidos pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA, CECA - UFAL).

4.2.2. Aplicação dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados (DIC), com cinco repetições. Quatro tratamentos de irrigação foram testados, equivalentes a L₁: 0% (sequeiro), L₂: 50%, L₃: 100% e L₄: 150% da evapotranspiração real da cultura (ET_C), totalizando 20 parcelas experimentais. As plantas foram submetidas a estes tratamentos após a realização da poda de frutificação. Estando as plantas uniformemente podadas, foi instalado o sistema de irrigação com microaspersores com vazão de 32 L h⁻¹ espaçados em 3,0 x 3,0 metros e para irrigação foi adotado um turno de rega variável de 3 dias. Os tratamentos se deram durante o ciclo da cultura da pinheira que restringiu-se entorno de 147 dias (da poda a colheita). Para um melhor aproveitamento da água pelas plantas, optou-se por aplicar as lâminas de água nos períodos mais frescos do dia (início da manhã ou final da tarde). O pomar passou por tratamentos culturais de capinas sempre que necessário para que não viesse causar interferência na produção.

4.2.3. Avaliação financeira do projeto de irrigação

Para realizar o estudo da viabilidade financeira, levantou-se o custo de investimento em um sistema de irrigação por microaspersão, para um hectare (Tabela 5). As características

gerais e hidráulicas do projeto de irrigação são: comprimento da linha lateral = 49,5 m; comprimento da linha principal = 97,5 m; comprimento da linha de recalque = 2,5 m; vazão do sistema = 3,1 mm h⁻¹; altura manométrica = 28 m.c.a.; potência da bomba = 1 cv; os microaspersores com vazão de 32 L h⁻¹ marrom autocompensante AQ-206PC com anti-inseto; e o espaçamento 3,0 x 3,0 m.

A Produtividade da pinheira (kg ha⁻¹) foi obtida pelo produto da massa de frutos por planta e quantidade de planta por hectare (1.111 plantas). A análise da função de produção e respostas da cultura da pinha às lâminas de irrigação do experimento foi realizada pela curva de regressão polinomial de segundo grau, conforme Equação 9.

$$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (\text{Equação 9})$$

em que, Y é a produtividade da cultura da pinha (kg ha⁻¹); x é a lâmina de irrigação total (precipitação efetiva mais irrigação) e b_0 , b_1 e b_2 são os coeficientes de ajuste da equação. O teste F a 5% de probabilidade também foi aplicado para avaliação financeira.

A análise da lâmina de irrigação total que proporciona a produtividade física máxima foi feita igualando-se a zero a primeira derivada da Equação 10, que teve como resultado a expressão:

$$X_{M\acute{A}X} = \frac{-b_1}{2b_2} \quad (\text{Equação 10})$$

em que, $X_{M\acute{A}X}$ é a quantidade de irrigação (lâmina total de irrigação, mm) que proporciona a produtividade máxima (t ha⁻¹).

A produtividade máxima ($Y_{M\acute{A}X}$) foi calculado pela Equação 11.

$$Y_{M\acute{A}X} = b_0 + b_1x_{M\acute{A}X} + b_2x_{M\acute{A}X}^2 \quad (\text{Equação 11})$$

Tabela 5 - Valores utilizados para o cálculo do preço do milímetro de água aplicada na cultura da pinheira por microaspersão convencional.

PREÇOS UNITÁRIOS (R\$/UNID.)			
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	R\$/UNID.
1	Energia Elétrica ¹	R\$ kW h ⁻¹	0,98
2	Sistema de Irrigação	R\$ ha ⁻¹	17.129,96
3	Amortização Ponderada ²	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	1.169,79
4	Amortização Ponderada ³	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	588,27
5	Lâmina Aplicada	mm dia ⁻¹	6,10
MEMÓRIA DE CÁLCULO			
6	Área	ha	1,00
7	Energia Elétrica	R\$ ha ⁻¹ mês ⁻¹	179,92
8	Meses de Irrigação	Mês	6,00
9	Lâmina Total Anual (180 Dias)	mm	1098,72
CUSTOS OPERACIONAIS POR CICLO			
10	Energia Elétrica	R\$ ha ⁻¹ ciclo ⁻¹	518,17
CUSTO DO MILÍMETRO APLICADO			
11	Custo Operacional	R\$ mm ⁻¹	0,47
12	Custo Fixo do Milímetro Aplicado ¹	R\$ mm ⁻¹	1,06
13	Custo Fixo do Milímetro Aplicado ²	R\$ mm ⁻¹	0,54
14	Custo Total do Milímetro Aplicado	R\$ mm ⁻¹	2,07

¹Preço da tarifa rural convencional cobrada em dezembro de 2022 em Alagoas pela Equatorial, AL; ² Na amortização ponderada foi considerado o período de 20 anos para 70% dos equipamentos de irrigação, mais instalação elétrica e construção de uma pequena casa de bomba, sendo acrescentado 30% do valor para manutenção e 20% para mão de obra; ³Os outros 30% dos equipamentos de irrigação foram amortizados em 10anos.

Fonte: Autor, (2023).

O valor do milímetro aplicado neste trabalho foi R\$ 2,07 reais (Tabela 5). Esse valor corresponde ao somatório dos custos fixos (equipamentos de irrigação, instalação elétrica e construção de uma pequena casa de bomba) e o custo operacional (apenas o gasto de energia para trocar o sistema de irrigação).

A avaliação financeira da produção da cultura da pinha foi realizada com o preço do insumo (milímetro de água) aplicado e o preço do produto (1 kg de pinha). A lâmina de irrigação de máxima eficiência financeira foi calculada pela Equação 12.

$$W = \frac{C_w - P_i b_1}{2P_i b_2} \quad \text{Equação 12}$$

em que, W é a quantidade de insumo (lâmina de irrigação total) que proporciona a produtividade de máxima eficiência financeira; CW é o custo do insumo; P_i é o preço da caixa de pinha e b_1 e b_2 são os coeficientes da equação de produção.

O preço do milímetro de água aplicado (R\$ mm⁻¹) foi calculado com base nos custos da irrigação da pinha, por microaspersão. Os preços dos materiais do sistema de irrigação citados na tabela anteriormente foram obtidos nos sites especializados em equipamentos de irrigação, em junho de 2023.

Os preços mínimo, médio e máximo por kg de pinha foram obtidos no Centro de Abastecimento – CEASA/AL, de 2018 a 2022 (Tabela 6), tendo como base os preços das sextas-feiras, no período de 5 anos, em seguida foi feita uma média anual do preço mínimo, médio e máximo. Esses preços, são publicados no site Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas – IDERAL. Para estimar a produção de máxima eficiência financeira, foi utilizado o preço médio dos últimos 5 anos (R\$ 4,39 por kg de pinha).

Tabela 6 - Preço mínimo, médio e máximo no decorrer da safra de 2018 a 2022, pago no CEASA no quilograma de pinha em Alagoas.

Ano	Preço Mínimo	Preço Médio	Preço Máximo
2018	1,08	1,08	1,08
2019	2,43	3,04	3,90
2020	6,17	7,55	9,70
2021	4,83	5,54	5,71
2022	4,33	4,74	4,96
Média	3,77	4,39	5,07

Dados coletados pelo Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas;

Fonte: Autor, (2023).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios mensais da temperatura máxima do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar global e totais mensais da precipitação e evapotranspiração de referência, no período de novembro de 2021 a abril de 2022, estão na Tabela 7. Os valores de temperatura máxima média ($T_{MÁX}$) variaram de 35,1°C (24 de

dezembro de 2021) a 27,5°C (14 de dezembro de 2021), com média de 31,1 ($\pm 1,4$). A produção satisfatória da pinha ocorre em temperaturas variando de 23 °C a 34 °C (LEDERMAN, 2019). A planta é adaptada às condições tropicais que apresentam altas temperaturas e mesmo nas épocas de inverno, que o clima não seja propenso a geadas. Em baixas temperaturas, a planta apresenta grande sensibilidade, podendo, em casos extremos, ocorrer a morte da planta. A umidade relativa do ar média (UR_{MED}) variou de 47,3% (19 de fevereiro de 2022) a 94,8% (08 de abril de 2022) e a média geral foi 70,5%.

Para os mesmos autores, também é de significativa importância que a umidade relativa do ar se situe em valores próximos ou maiores que 70%, principalmente durante a formação das flores e frutos, que, além disso, necessita de uma reposição hídrica suficiente desde a floração até a plena formação dos frutos.

Tabela 7 - Valores médios mensais da temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ($m\ s^{-1}$), radiação solar global ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e totais mensais da precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET_0), no período de novembro de 2021 a abril de 2022.

Período	Meses	Tmax (°C)	UR med (%)	Velocidade do vento (m/s)	Precipitação (mm)	Irradiação solar Global ($MJ\ m^{-2}$)	ET ₀ (mm)
2021/2022	Novembro	31,9	71,6	1,9	4,8	21,9	154,1
	Dezembro	31,1	72,1	1,7	96,0	20,3	142,1
	Janeiro	31,0	71,9	1,5	97,0	20,9	142,2
	Fevereiro	32,3	54,0	1,6	6,1	23,5	154,6
	Março	30,2	68,5	1,3	296,7	18,0	124,1
	*Abril	29,9	77,2	1,2	4,6	18,4	15,5
Média/Total		31,1	69,2	1,5	505,2	20,5	732,5

*Os valores médios/totais para o mês de abril são referente aos 4 primeiros dias do mês (quando encerrou a colheita e irrigação).

Fonte: Autor, (2023).

A precipitação acumulada durante o período experimental foi 505,2 mm. Março foi o mês mais chuvoso (296,7 mm) e novembro o menos chuvoso (4,8 mm). A ET_0 acumulada durante o cultivo foi 732,5 mm, com média diária de 4,7 ($\pm 1,0$) mm dia^{-1} . E, apenas durante a aplicação dos tratamentos (período de irrigação) a ET_c somou 453 mm (Tabela 6).

Os extratos dos balanços hídricos dos níveis de irrigação (excessos e déficits), irrigação aplicada, precipitação efetiva e lâmina total (precipitação efetiva + irrigação) encontram-se na Tabela 8. Sob condições de sequeiro, da precipitação total de 505 mm, 238 mm foi perdido com excesso hídrico (escoamento superficial ou percolação no solo) devido ao grande volume de precipitação em determinados dias. Destacando-se como precipitação pluvial (precipitação)

efetiva, apenas 267 mm e essa é a quantidade de água que ficou disponível, através da precipitação, para as plantas não irrigada (Tabela 8).

Tabela 8 - Precipitação total (P_{TOTAL}) e efetiva (precipitação efetiva), lâminas de irrigação brutas totais aplicadas (irrigação total), precipitação pluvial efetiva mais irrigação (lâmina total), déficit e excesso hídrico durante o ciclo de cultivo da pinheira na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.

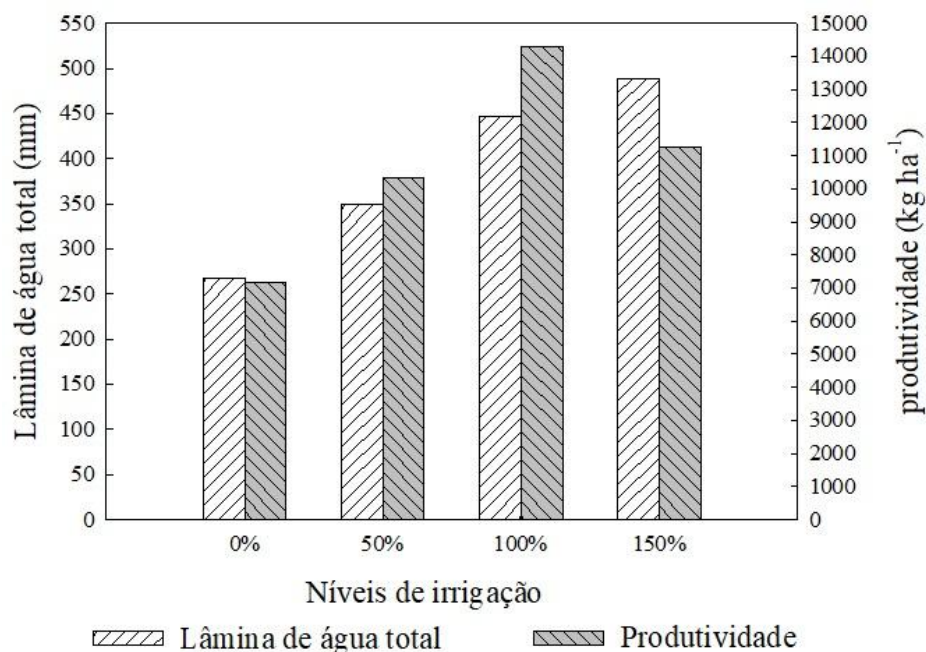
Tratamento	Precipitação	Irrigação Total	Lâmina Total	Déficit	Excesso
	Efetiva				
			mm		
L1 (Sequeiro)	267	0	267	179	238
L2	242	107	349	95	263
L3	163	284	447	0	342
L4	0	489	489	0	560
Precipitação total = 505 mm					

Fonte: Autor, (2023).

Em pesquisa trabalhando com mandioca, na mesma região de estudo, Silva et al. (2022), observaram que as precipitações ocorridas no período do último decêndio de setembro de 2019 ao primeiro decêndio de fevereiro de 2020, foram mal distribuídas o que provocou uma deficiência hídrica de 508,0 mm. Isso indica que nessa região, as precipitações são insuficientes para as culturas que necessitem de demanda hídrica no período de outubro a fevereiro, como a pinheira.

Na Figura 11 observa-se que houve aumento de produtividade até o nível de irrigação de 100% da ET_C (446,7 mm), que atingiu cerca de 14.280 kg ha⁻¹. A lâmina de 267 mm (sequeiro), como era esperado teve a menor produtividade, 7.170 kg ha⁻¹. Para o nível de irrigação até 150% da ET_C , a produtividade foi 11.260 kg ha⁻¹, inferior a obtida com 100% da ET_C . Os melhores desempenhos na cultura da pinheira foram obtidos por Silva et al. (2020), com a aplicação de lâminas de irrigação próximo a 100% da ET_r , com desempenho inferior para lâminas inferiores e superiores a esta. Situação semelhante também foi apresentada por Costa et al. (2011), irrigando a banana ‘Pacovan’ com lâminas de irrigação e registraram efeitos positivos nos componentes de produção da cultura em função do aumento do volume de água fornecido durante o período de estiagem.

Figura 11 - Lâmina de irrigação total (Precipitação efetiva mais irrigação - mm) e Produtividade (kg ha^{-1}), nos níveis de irrigação de 0%, 50%, 100% e 150% da ET_C , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2021 a abril de 2022.

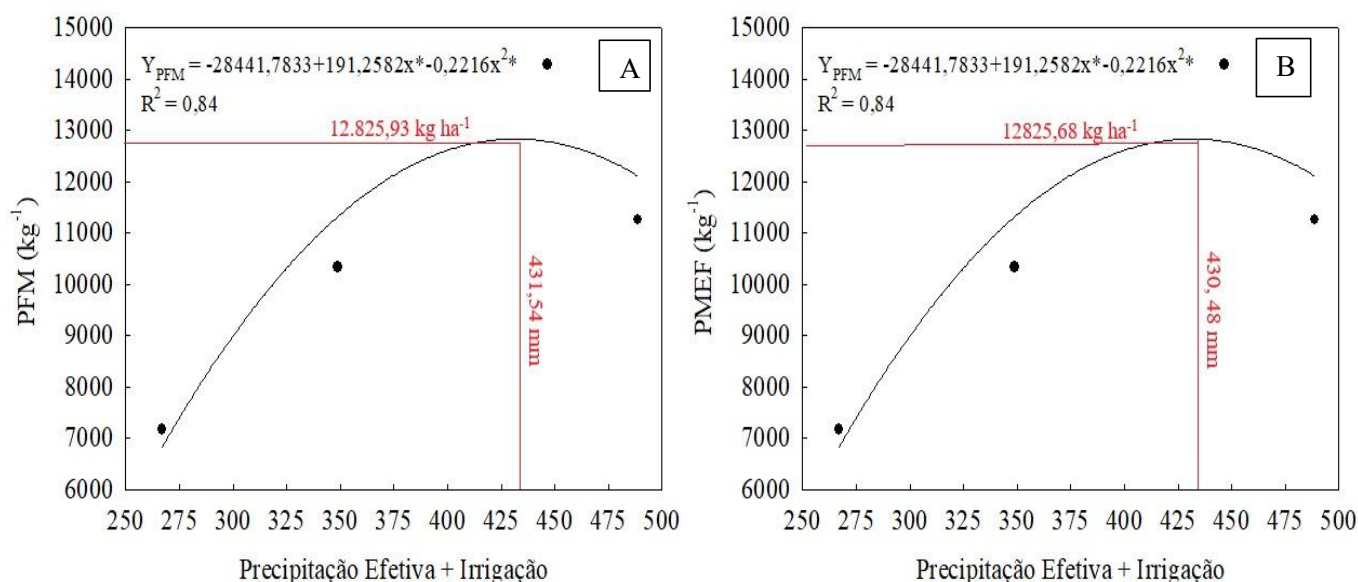


Fonte: Autor, (2023).

A produtividade física máxima (PFM) da pinheira, estimada pelo modelo matemático polinomial quadrática, é $12.825,93 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 12A), atingida com a lâmina de irrigação total estimada de 431,54 mm (precipitação efetiva mais irrigação). E, a produtividade de máxima eficiência financeira (PMEF) da cultura da pinheira, com o preço médio R\$ 4,39 reais por quilo, e o valor do milímetro aplicado de R\$ 2,07 reais, é $12.825,68 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 12B), em um ciclo de produção de 6 meses, com a lâmina de irrigação total de 446,68 mm (precipitação efetiva mais irrigação). Na Figura 12, pode ser observado que há uma diferença pequena da PFM e PMEF, cerca de 0,01% na produtividade e 0,24% na lâmina total, sendo a produtividade física máxima praticamente igual a produtividade de máxima eficiência financeira. Os valores calculados para PFM ($12.825,93 \text{ kg ha}^{-1}$, com 431,54 mm), foram próximos aos valores das áreas irrigada com 100% da ET_C .

Para a produção da graviola sob irrigação e cobertura do solo Cavalcante et al., (2016) e Silva et al., (2013), constataram que a irrigação responde positivamente ao número e massa de frutos e, conseqüentemente, a produção da cultura. Para os primeiros autores, o aumento da lâmina de irrigação estimulou a produção de frutos com incremento de 75% em relação às plantas não irrigadas. Nessas condições a irrigação manteve o solo mais úmido, resultando em maior turgidez das células das plantas.

Figura 12 - Produtividade física máxima - PFM e Produtividade de máxima eficiência Financeira - PMEUF, da pinheira sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, cultivada no período de novembro de 2021 a abril de 2022.



Fonte: Autor, (2023).

Em pesquisa com goiabeira irrigada, Serrano et al., (2007) concluíram que a irrigação elevou expressivamente a capacidade produtiva da goiabeira ‘Paluma’. Estando de acordo também com Silva et al., (2007) em estudo com a pinheira (*Annona squamosa* L.) ao obterem maiores produção nas maiores lâminas de irrigação. Incremento na produtividade de gravioleira sob irrigação das plantas com maiores quantidades de água, também, foram registradas por Silva et al., (2013), contribuindo positivamente para aumentar a produção da gravioleira ressaltando a importância do suprimento de água para a cultura. É provável que a disponibilidade de água no solo, favorecida pela irrigação, tenha possibilitado uma absorção maior de nutrientes pelas plantas, elevando a produtividade.

CONCLUSÕES

A produtividade física máxima (PFM) da pinheira é de 12,82 t ha⁻¹ com a lâmina de irrigação total estimada de 431,54 mm (precipitação efetiva + irrigação);

A produtividade de máxima eficiência financeira (PMEF) da cultura da pinheira, com o preço médio R\$ 4,39 reais por quilo, e o valor do milímetro aplicado de R\$ 2,07 reais, é 12,82 t ha⁻¹ com a lâmina de irrigação total de 430,48 mm (precipitação efetiva + irrigação).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations, pag.301, 1998.
- BRAGA SOBRINHO, R. Produção integrada de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 36, no. spe 1, pag. 102-107, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452014000500012>. Acesso em: 23 Mar. de 2024
- CAPITULINO, J. D., LIMA, G. S., AZEVEDO, C.A.V., SILVA, A. A. R., VELOSO, L. L. S. A., FARIAS, M. S. S., SOARES, L. A. A., GHEYI, H. R.; LIMA V. L. A. Gas exchange and growth of soursop under salt stress and H₂O₂ application methods. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 82, pag. e261312, 2022. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.261312>. Acesso em: 13 Mai. de 2024
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. Recife, PE: IPA, pag.212, 2008.
- CAVALCANTE, L. F.; ROCHA, L. F.; SILVA, R.A.R.; SOUTO, A.G.L.; NUNES, J. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo com resíduo de sisal. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, N.1, pag.91-101, 2016.
- COSTA, S. C.; SOARES, A.A.; SEDIYAMA, G. C.; VIANA, T. V. A.; MOREIRA, F. V. Variação de parâmetros físicos e químicos de frutos de bananeira ‘pacovan’ submetida a diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio na Chapada do Apodí – Limoeiro do Norte- CE. **Irriga**, v. 16, n.1, pag. 82-92, 2011.
- DE FATIMA, R. T.; NOBREGA, J. S.; FERREIRA, J. T. A.; CELEDONIO, W. F.; FIGUEREDO, F. R. A.; RIBEIRO, J. E. S.; PEREIRA, M. B.; PEREIRA, W. E. Physiological responses in sugar apple seedlings under irrigation with saline water and foliar nitrogen. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.17, n.2, e473, 2022.
- FERNANDES, E. A.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; SILVA NETA, A. M. S.; ROQUE, I. A.; SILVA, F. A.; FERNANDES, P. D.; LACERDA, C. N. Cell damage, gas exchange, and growth of *Annona squamosa* L. under saline water irrigation and potassium fertilization. **Semina: Ciênc. Agrár.** Londrina, v. 42, n. 3, pag. 999-1018, 2021.
- FERNANDES, E.A., SOARES, L.A.A., LIMA, G.S., GHEYI, H.R., NOBRE, R.G. and FERNANDES, P.D. Photosynthetic pigments, photochemical efficiency and growth of custard-apple under salt stress and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 26, n.5, pag.365-373, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n5p365-373>. Acesso em: 21 Mar. de 2023
- FERREIRA, F.N., LIMA, G.S., GHEYI, H.R., S.A, F.V.S., DIAS, A.S.; PINHEIRO, F.W.A. Photosynthetic efficiency and production of *Annona squamosa* L. under salt stress and fertilization with NPK. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 7, pag. 446-452, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n7p446-452>. Acesso em: 03 Mar. de 2024

FERREIRA, F.N., LIMA, G.S., GHEYI, H.R., SA, F.V.S., DIAS, A.S.; SOARES, L.A.A. Production and post-harvest quality of custard apple irrigated with saline water and fertilized with N-P-K. **Comunicata Scientiae**, v. 13, n. 1, pag. e3795, 2022. <http://dx.doi.org/10.14295/CS.v13.3795>. Acesso em: 29 Abr. de 2023

FERREIRA JUNIOR, R. A.; SOUZA, J. L.; ESCOBEDO, J. F.; TEODORO I.; LYRA, G. B.; NETO, R. A. A., Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.18, n.8, pag.798–804, 2014. Acesso em: 03 Jun. de 2023.

FIGUEIREDO, F. R. A.; GONÇALVES, A. C. M.; SILVA, J. E.; RIBEIRO, T. I. D. S.; NÓBREGA, J. S.; DIAS, T. J. Gas exchanges in sugar apple (*Annona squamosa* L.) subjected to salinity stress and nitrogen fertilization. **Australian Journal of Crop Science**. v. 13, n. 12, p. 1835-2707, 2019. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.12.p1754>. Acesso em: 15 Mar. de 2023

FIGUÊIREDO, F.R.S.D.N.; GYLLYANDESON, A. D.; CRUZ, L. P.; NASCIMENTO, E. A.; TINTINO, S.R.; LEMOS, I.C.S.; CUNHA, F.A.B.; GOMEZ, M. C. V.; CORONEL, C.; COSTA, J.G.M.; COUTINHO, H.D.M.; FELIPE, C.F.B.; MENEZES, I.R.A.; KERNTOPF, M.G. Avaliação da Atividade Anti-Leishmania e Anti-Trypanosoma do Extrato Etanólico das Folhas de *Annona squamosa* L. **Revista Acta Toxicológica Argentina**, v. 24, n. 3, pag. 173 -179, 2016.

FRIZZONE, J. A. Funções de resposta das culturas à irrigação. Piracicaba : ESALQ, pag.42, 1993.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo agropecuário. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2887>. Acesso em: 21 Abr. de 2023.

LEMOS, E. E. P. The production of annona fruits in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. spe1, pag. 77-85, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500009>. Acesso em: 13 Mar. de 2023.

LIMA, G. S. DE, FERNANDES, C. G. J., SOARES, L. A. DOS A., GHEYI, H. R., FERNANDES, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v.33, n.1, pag. 184-194, 2020. doi: 10.1590/1983-21252020v33n120rc. Acesso em: 03 Mar. de 2023.

LIMA, G.S., NOBRE, R.G., GHEYI, H.R., SOARES, L.A.A. and SILVA, A.O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 46, no. 1, pag. 1-10, 2015 <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902015000100001>. Acesso em: 23 Ago. de 2023.

LYRA, G. B.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; SANTOS, M. A. Balanço sequencial de água no solo para o manejo da irrigação de baixa frequência e alta intensidade na cana-de-açúcar. **STAB**, v. 28, pag. 22-25, 2010.

OLIVEIRA, A.S., CASTELLANI, M.A., NASCIMENTO, A.S. and MOREIRA, A.A., 2016. Perfil do sistema de produção de pinha nos polos de fruticultura da Bahia, com ênfase nos aspectos fitossanitários da cultura. **Extensão Rural**, vol. 23, no. 2, pag. 95-111. <http://dx.doi.org/10.5902/2318179613034>. Acesso em: 18 Out. de 2023.

PANDEY, N.; BARVE, Dushyant. Phytochemical and pharmacological review on *Annona squamosa* Linn. **International Journal of research in pharmaceutical and biomedical sciences**, v. 2, n. 4, pag. 1404-1412, 2011.

PINHEIRO, F.W.A., LIMA, G.S., GHEYI, H.R., SOARES, L.A.A., NOBRE, R.G., SILVA, L.A., LACERDA, C.F. and FERNANDES, P.D. Quantum yield, chlorophyll, and cell damage in yellow passion fruit under irrigation strategies with brackish water and potassium. **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 82, pag. e265519, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.265519>. Acesso em: 21 Jul. de 2023.

SANTOS, W. F.; PROCOPIO, S. O.; SILVA, A. G.; FERNANDES, M. F.; BARROSO, A. L. L. Weed phytosociological and floristic survey in agricultural areas of southwestern Goiás region. *Planta Daninha*, v. 34, n. 1, pag. 65-80, 2016.

SÃO JOSÉ, Abel Rebouças et al. Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, pag. 176-183, 2014.

SERRANO, L. A. L.; MARINHO, C. S.; RONCH, C. P.; LIMA, I. M.; MARTINS, M. V. V.; TARDIN, F. D. Goiabeira 'Paluma' sob diferentes sistemas de cultivo, épocas e intensidades de poda de frutificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.785-792, 2007. DOI:10.1590/S0100-204X2007000600004. Acesso em: 11 Dez. de 2023.

SILVA, F. A., ALMEIDA NETO, I.P., FERNANDES, P.D., DIAS, M.S., BRITO, M.E.B. and LIMA, A.M. Ecofisiologia de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação. **Research. Social Development**, vol. 9, no. 7, pag. e305974175, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4175>. Acesso em: 23 Mar. de 2023.

SILVA, J. C. G.; CHAVES, M. A.; SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; ALVES, J. T. A. A influência da cobertura morta sobre características física e química de frutos da pinha (*Annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29,pag.287-291, 2007.DOI:10.1590/S0100-29452007000200019. Acesso em: 23 Jan. de 2024.

SILVA, R. A. R.; NUNES, J. C.; LIMA NETO, A. J.; CAVALCANTE, L. F.; SILVA, M. R. M.; RODRIGUES, R.M. Lâminas de irrigação e cobertura do solo na produção e qualidade de frutos da gravioleira.**Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, pag.441-447, 2013. DOI: 10.5039/agraria.v8i3a2669. Acesso em: 05 Dez. de 2023.

SOUZA, J. L.; NICÁCIO, R.M.; MOURA, M.A.L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brasil. **Renewable Energy**, v.30, pag.1203-1220, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, pag.72, 1955.

VIEIRA, T. A. et al. Métodos de manejo da irrigação no cultivo da alface americana. Uberaba, 2009. Disponível em:http://www.cefetuberaba.edu.br/paginas_html/revista/pdf/Resumo20.pdf. Acesso em: 08 nov. 2022.