



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CAMPUS PIRANHAS**  
**CURSO SUPERIOR EM BACHARELADO EM ENGENHARIA**  
**AGRONÔMICA**

**WILLYANE FERREIRA NUNES**

**ANÁLISE METEOROLÓGICA, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO  
IRRIGADO DURANTE AS ESTAÇÕES DE VERÃO E INVERNO NO SERTÃO  
ALAGOANO**

**PIRANHAS, AL**  
**2023**

**WILLYANE FERREIRA NUNES**

**ANÁLISE METEOROLÓGICA, PRODUTIVIDADE E CRESCIMENTO DO MILHO  
IRRIGADO DURANTE AS ESTAÇÕES DE VERÃO E INVERNO NO SERTÃO**

**ALAGOANO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Superior em  
Bacharelado em Engenharia Agronômica do  
Instituto Federal de Alagoas, *campus*  
Piranhas, como requisito final para a  
obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

**Orientador: Prof. Dr. Samuel Silva**

**PIRANHAS, AL**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Instituto Federal de Alagoas  
*Campus Piranhas*  
Biblioteca Tabeliã Cacilda Damasceno Freitas

---

N972a Nunes, Willyane Ferreira.

Ánalise meteorológica, produtividade e crescimento do milho irrigado durante as estações de verão e inverno no sertão alagoano. / Willyane Ferreira Nunes. –2023.

Trabalho de Conclusão de curso ( graduação em Engenharia Agronômica) -  
Instituto Federal de Alagoas, *Campus Piranhas*, Piranhas, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Samuel Silva

1. Épocas de plantio. 2. *Zea Mays*. 3. Biometria. I. Título.

---

CDD:633

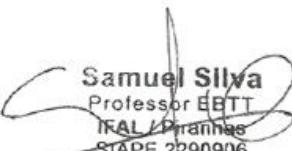
Fabio Fernandes Silva  
Bibliotecário – CRB- 4/2302

**WILLYANE FERREIRA NUNES**

**ANÁLISE METEOROLÓGICA, PRODUTIVIDADE E CRESCIMENTO DO MILHO  
IRRIGADO DURANTE AS ESTAÇÕES DE VERÃO E INVERNO NO SERTÃO  
ALAGOANO.**

Aprovado em: 04/07/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Samuel Silva  
Professor EBTT  
IFAL Piranhas  
SIAPE 2290906

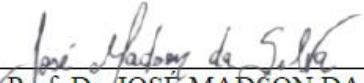
---

Prof. Dr. SAMUEL SILVA (Orientador)  
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

  
Dr. Fabiano Barbosa de Souza Prates  
Professor EBTT  
Mat. SIAPE 1131335  
IFAL Piranhas

---

Prof. Dr. FABIANO BARBOSA DE SOUZA PRATES  
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

  
Prof. Dr. JOSE MADSON DA Silva  
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Ao meu orientador:

*Prof. Dr. Samuel Silva*

*Ofereço!*

## AGRADECIMENTO

Ao IFAL-Campus Piranhas pela oportunidade de crescimento, por estar presente nessa etapa da minha vida, minha formação acadêmica;

Ao meu orientador, professor Dr. Samuel Silva, por acreditar em mim e me apoiar desde o início do curso, sempre presente, pelos conhecimentos transmitidos, pela amizade, respeito, dedicação e estímulo nos estudos;

Aos professores doutores Fabiano e Madson, por terem aceitado o convite para fazer parte da banca examinadora e pelas instruções e sugestões neste trabalho;

A todos os meus colegas de sala de aula: Edmaíris, Carla Sabrina, Jonatas Emanuel, Daniele de Sá, Évillyn, Fernanda, Ivan Araújo, Rosana Tavares, Fernando, Talysson, Winandy, Maria Amélia, Maria Gabriela, Adriano Marques, Ewerton Lima, Luiz Paulo, Danilo e todos os demais importantíssimos que eu não tenha citado aqui, pela convivência, amizade e inestimável contribuição na condução do experimento;

Agradeço também a todos que se fizeram presentes na minha vida de alguma forma, me ajudaram a superar cansaço, noites mal dormidas, prazos apertados, cobranças excessivas e crises de ansiedade;

A todos os meus amigos de turma, pela amizade, companheirismo e momentos compartilhados durante nossa jornada acadêmica;

Ao corpo docente do curso de Bacharelado em Engenharia Agronômica do IFAL-Campus Piranhas, pela inestimável contribuição na minha formação acadêmica e profissional;

Aos meus pais, Francelia Ferreira Nunes, Shirley Rodrigues Nunes, por acreditarem em mim e estarem comigo sempre com as minhas decisões, e pelo seu amor incondicional.

Também quero agradecer a Sivaldo Farias e Graça Rodrigues por serem os meus pais aqui em Alagoas, por toda a força que me deram e por todo carinho.

Aos meus irmãos, Elias Ferreira e Willyara Ferreira, por serem o meu mundo.

Meus sinceros agradecimentos!

“Não importa o quanto você vá de vagar desde que não pare”

*Confúcio*

## RESUMO

A época de cultivo do milho ao longo do ano pode influenciar no seu crescimento e produtividade, uma vez que as condições edafoclimáticas sofrem variação entre as estações do ano. O presente trabalho teve por objetivo analisar as variáveis agrometeorológicas e avaliar sua influência na produtividade e crescimento da cultura do milho cultivado em épocas diferentes na região do Sertão Alagoano. Para isso, foi utilizado o híbrido AG7088 de alto potencial produtivo, o qual foi experimentado no Instituto Federal de Alagoas/Campus Piranhas, sendo a primeira época durante os meses de dezembro de 2016 a março de 2017 e a segunda época de março a julho de 2018. A necessidade hídrica da cultura para o manejo da irrigação foi calculada por meio da evapotranspiração da cultura (ETc), obtida numa estação meteorológica situada próximo da área experimental. A análise agrometeorológica foi realizada, além da biometria das plantas, em que se avaliou o crescimento, índice de área foliar, altura do dossel, bem como o rendimento de grãos e eficiência no uso da água. Os resultados obtidos nas duas épocas foram submetidos ao teste t de Student. As condições climáticas da Época 1 proporcionaram maior crescimento da cultura do milho para as variáveis analisadas, com exceção do índice de área foliar. A produtividade de grãos do milho irrigado é maior na estação seca da região de Piranhas – AL, todavia, a eficiência no uso da água é menor em função do maior volume de água requerido para irrigação devido às altas taxas de evapotranspiração.

**Palavras-chave:** Épocas de cultivo, *Zea Mays* L., Biometria.

## ABSTRACT

The maize growing season throughout the year can influence its growth and productivity, since edaphoclimatic conditions vary between seasons. This study aimed to analyze the agrometeorological variables and evaluate the productivity and growth of corn grown at different times in the Sertão Alagoano region. For this, the hybrid AG7088 of high productive potential was used, which was tested at the Federal Institute of Alagoas/Campus Piranhas, the first season being from December 2016 to March 2017 and the second season from March to July 2018. The water requirement of the crop for irrigation management was calculated using crop evapotranspiration (ETc), obtained from a meteorological station located close to the experimental area. The agrometeorological analysis was carried out, in addition to the biometry of the plants, in which growth, leaf area index, canopy height, as well as grain yield and water use efficiency were evaluated. The results obtained in the two periods were submitted to Student's t test. Season 1 climatic conditions provided greater corn crop growth for the analyzed variables, with the exception of the leaf area index. The grain yield of irrigated corn is higher in the dry season in the region of Piranhas - AL, however, the efficiency in water use is lower due to the greater volume of water required for irrigation due to the high rates of evapotranspiration.

**Keywords:** Growing times, *Zea Mays* L., Biometrics.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Mapa e imagem de satélite do IFAL – Campus Piranhas, localizado na cidade de Piranhas-AL, destacando a área do experimento (quadro com borda amarela). ....	23
<b>Figura 2</b> – Croqui da parcela experimental. ....	24
<b>Figura 3</b> – Avaliação de altura de plantas (A) e diâmetro do colmo (B), durante 2 épocas de cultivo de milho em Piranhas – AL, Semiárido Alagoano. ....	27
<b>Figura 4</b> – Valores diários de chuva e ETc de dezembro de a março Época 1 (A) e de março a julho Época 2 (B), durante 2 épocas de cultivo de milho em Piranhas – AL, Semiárido Alagoano.....	28
<b>Figura 5</b> – Altura do dossel (A), diâmetro do colmo (B) e Índice de Área Foliar (C) do milho de dezembro de a março (Época 1) e de março a julho de (Época 2) durante 2 épocas de cultivo em Piranhas – AL .....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características físicas do solo e classificação realizada por Sousa <i>et al.</i> (2010).....	24
<b>Tabela 2</b> – Coeficientes da cultura único tabelados e ajustados para as fases fenológicas da cultura do milho cultivada no Semiárido Alagoano. ....	26
<b>Tabela 3</b> – Produtividade de grãos ( $t\ ha^{-1}$ ), Eficiência do Uso da Água – EUA ( $kg\ mm^{-1}$ ) e ETc, Chuva, Irrigação e Chuva + Irrigação, em mm, acumulados durante o ciclo de produção na Época 1 (dezembro a março) e Época 2 (março a julho) do cultivo de milho em Piranhas, Semiárido Alagoano. ....	29

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	14
2.1. Objetivo Geral .....	14
2.2. Objetivos Específicos .....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
3.1. Aspectos Agrometeorológicos do Semiárido Alagoano.....	15
3.2. Crescimento e produtividade do milho.....	16
3.3. Irrigação e Eficiência no Uso da Água pelo Milho .....	20
4. METODOLOGIA .....	23
4.1. Descrição da área experimental .....	23
4.2. Delineamento .....	23
4.3. Condução do experimento .....	24
4.4. Irrigação.....	25
4.5. Biometria .....	26
4.6. Produtividade .....	27
4.7. Estatística .....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	28
6. CONCLUSÕES .....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais consumidos na região Nordeste (NE) do Brasil tanto como produto industrializado como na forma in natura, devido à sua utilização na alimentação humana e animal, além de desempenhar importante papel socioeconômico para a região. Por ser cultivado principalmente em pequenas propriedades, em sua maioria, os produtores alagoanos não têm acesso à assistência técnica necessária para verticalizar a produção.

No estado de Alagoas, 45,3% da área total corresponde à região semiárida, concentrando 37% dos municípios e aproximadamente 28,8% da população alagoana (MEDEIROS *et al.*, 2009). Essa região semiárida possui uma área de aproximadamente 12.600 km<sup>2</sup>, que representa 1,28% da área total do semiárido brasileiro e uma população de 900.549 habitantes.

As atividades econômicas de maior destaque nessa região são a agricultura e a pecuária, possuem um sistema de produção tradicional, pela mão de obra familiar. O canal do sertão é a maior e mais moderna obra de infraestrutura hídrica do estado de Alagoas, seu projeto foi lançado em 1992 pelo Governo do Estado e consiste em transpor uma parcela do fluxo do rio São Francisco e levar água através do canal para os municípios que mais sofrem com os efeitos de seca (PINTO, 2017).

Instituições de pesquisa como a Embrapa, institutos federais e universidades vêm desenvolvendo estudos com esta cultura, no que diz respeito à criação de novas tecnologias para alavancar a agricultura familiar. Sobretudo na região do sertão Alagoano, em que os perímetros irrigados às margens do rio São Francisco e o andamento da construção do canal do sertão despertam o interesse em estudar esta planta.

O cultivo do milho predomina no período chuvoso, porém, em alguns anos ocorrem veranicos e a cultura fica sujeita ao déficit hídrico (CARVALHO *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2011), em que essa baixa disponibilidade de água no solo é fator limitante para o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Por ser o veículo de condução dos nutrientes até a interface solo-raiz e no xilema, a água pode interferir na fisiologia da planta, na dinâmica de absorção e na utilização dos nutrientes (FERREIRA *et al.*, 2008).

Neste sentido, a irrigação além de suprir esta deficiência, pode favorecer o cultivo de uma segunda safra na estação seca. Porém, o uso inadequado dos recursos hídricos na agricultura irrigada, em função da busca por elevadas produtividades vêm contribuindo para o alto desperdício de água, resultando em consequências indesejáveis ao meio ambiente (BIZARI *et al.*, 2011).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analizar as variáveis agrometeorológicas e avaliar sua influência na produtividade e crescimento da cultura do milho irrigado durante as estações de verão e inverno no Sertão Alagoano.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Realizar análise meteorológica em cada época de cultivo;

Realizar biometria das plantas;

Medir a produtividade de grãos do milho;

Calcular a eficiência no uso da água pela cultura em cada tratamento;

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Aspectos Agrometeorológicos do Semiárido Alagoano

O clima é o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações das safras no Brasil. Diversas análises da produção agrícola apontam alta correlação entre variações de safras, das principais culturas, e as condições meteorológicas e climáticas. Em geral, as condições hídricas são as que mais afetam a produção das lavouras (BERGAMASCHI *et al.*, 2009).

O fator climático se agrava, em função das chuvas se concentrarem em um único período úmido de quatro a cinco meses, de abril a agosto, que coincide com a época de menor disponibilidade de radiação solar (CARVALHO *et al.*, 2013; MAGALHÃES *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2015).

O déficit hídrico na planta é um fenômeno quase diário, que pode ocorrer mesmo em condições de alta disponibilidade de água no solo. Durante o dia, a planta perde mais água do que consegue absorver, até, aproximadamente, o meio da tarde. Em seguida, com a diminuição da demanda evaporativa atmosférica, a planta absorve mais água que é perdida por transpiração, iniciando a recuperação do déficit, até que ocorra o equilíbrio dos potenciais durante a noite. Se não houver reposição de água no solo pela precipitação pluvial ou por irrigação, o estresse se tornará irreversível. Este processo depende da demanda evaporativa da atmosfera, da capacidade de armazenagem de água no solo, das características da cultura e do estádio de desenvolvimento da planta. (BERGAMASCHI *et al.*, 2009).

Um dos métodos para a estimativa da evapotranspiração de referência é o método de Penman-Monteith que foi definido como padrão internacional de estimativas de ETo porque ele fornece estimativas mais confiáveis em diversos tipos de clima (ALLEN *et al.*, 1998), onde correlaciona dados de pressão, temperatura do ar, radiação, declinação solar, para a determinação final da ETo.

O melhor entendimento do sistema solo-água-planta-atmosfera pode fornecer informações de manejo mais eficientes e, também, fazendo com que tenha uma exploração mais sustentável das áreas. Tem-se como conceito de balanço hídrico a contabilização de água no solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa num volume de solo vegetado (SENTELHAS, 1999), ou seja, a contabilização da entrada e saída de água no solo, em um dado período. Balanço hídrico é o conjunto de variáveis climatológicas: evapotranspiração, precipitação, drenagem interna ou ascensão capilar e escoamento

superficial, mas também ao conhecimento das características da planta, principalmente, da sua fenologia que representa o ponto de partida para a coerência dos resultados do balanço (MEDEIROS, 2009).

Considerada a região mais pobre do país e a que possui os problemas socioeconômicos mais acentuados na agricultura, normalmente, é a de subsistência (milho e feijão) e a disponibilidade hídrica é o que impede altos índices de produção agrícola. Normalmente, as culturas de subsistência são implantadas na época de várzeas, com a semeadura sendo feita logo após as primeiras chuvas. Muitas vezes, essas plantas sofrem perdas significativas pela falta de água, devido à má distribuição na precipitação e à pouca retenção de água presentes nas camadas de solo (ANTONINO *et al.*, 2000). No entanto, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, ultrapassando 10 t ha<sup>-1</sup> de grãos no Brasil, em condições experimentais e por agricultores que adotam tecnologias adequadas (CARVALHO *et al.*, 2012).

### **3.2. Crescimento e produtividade do milho**

A produtividade de milho no Estado de Alagoas é considerada uma das mais baixas do País, com 1.323 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2021/22, enquanto nos Estados do Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil, as produtividades atingem valores superiores a 5.000 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2022).

O ciclo fenológico do milho se divide e pode ser acompanhado pelas etapas abaixo, conforme (ABENDROTH *et al.* 2011).

- VE (Emergência): a emergência ocorre quando as primeiras folhas, chamadas de coleóptilos, aparecem acima da superfície do solo. As condições de temperatura do solo (acima de 10 - 12°C) e umidade adequada promovem a rápida emergência (5 a 7 dias).

- V1 (Primeira folha): é ao aparecer a primeira folha com colar visível (estrutura encontrada na base da folha) e ponta arredondada. A partir desse ponto até o florescimento (R1), os estádios vegetativos são definidos a partir da última folha desenvolvida com colar visível.

- V2 (Segunda folha): raízes nodais começam a crescer abaixo do solo, e as raízes seminais começam a senescer

- V4 (Quarta folha): as raízes nodais são dominantes, ocupando maior volume de solo em comparação com as raízes seminais. As folhas ainda se desenvolvem no meristema apical (ponto de crescimento da planta).

- V6 (Sexta folha): seis folhas com colar visível. A primeira folha com ponta arredondada apresenta-se em senescência, mesmo assim deve ser levada em consideração na contagem. Nesta fase, o ponto de crescimento emerge e encontra-se acima da superfície do solo. Todas as estruturas da planta já tiveram seu crescimento iniciado. Entre V6 e V10, o potencial do número de fileiras por espiga é determinado. O número de fileiras por espiga pode ser afetado pelo potencial genético e pelos fatores ambientais, e esse número pode ser reduzido se a planta for submetida a condições de estresse ambiental. A altura da planta aumenta conforme o alongamento do caule e raízes nodais se desenvolvem nos nós localizados abaixo da superfície do solo. Rápida absorção de nutrientes começa neste estádio.

Adubações devem ser manejadas de maneira a aproveitar essa fase de rápida absorção pela planta e assim promover a ótima eficiência de uso dos nutrientes, particularmente para nutrientes móveis, como o nitrogênio

- V10 (Décima folha): raízes aéreas começam a se desenvolver nos nós da planta, logo acima da superfície do solo. Até esse estádio a taxa de desenvolvimento das folhas é de aproximadamente 2 a 3 dias por folha. A demanda por nutrientes (Potássio – K > Nitrogênio – N > Fósforo – P) e água (6 mm por dia) pela cultura é alta. Calor, seca e deficiência de nutrientes podem afetar o número de grãos e o tamanho da espiga.

- V14 (Décima quarta folha): rápido crescimento, aproximadamente duas semanas antes do florescimento. Nessa fase o milho é altamente sensível ao estresse por altas temperaturas e seca. Mais 4 ou 6 folhas devem se expandir a partir desse estádio até VT. Pode ocorrer o aparecimento de espigas anormais entre esse estádio e o florescimento.

- VT (Pendoamento): o potencial de grãos por fileira na espiga é definido e, consequentemente, o potencial do número final de grãos (a partir do número de óvulos). O potencial do tamanho das espigas começa a ser definido. O último ramo do pendão é visível no topo da planta. O estilo estigma (“cabelos”) do milho pode ou não ter aparecido nesta fase. A planta apresenta-se próxima à sua altura máxima. A demanda por nutrientes (K > N > P) e água ( $7,5 \text{ mm dia}^{-1}$ ) está próxima do seu máximo. O calor em excesso e a seca podem afetar o potencial do número de grãos.

A perda de folhas pode afetar severamente a produção final R1 (Embonecimento e Polinização): o florescimento começa quando os “cabelos” se projetam para fora da palha, os primeiros a emergirem são responsáveis pela polinização dos grãos da base da espiga. Os cabelos se mantêm ativos até a polinização. O pólen vai do pendão até o “cabelo” do 16 milho, fertilizando o óvulo e, assim, produzindo um embrião.

O potencial do número dos grãos é determinado nesta fase. A altura máxima da planta é atingida neste estádio. Após a fertilização, a divisão celular começa a ocorrer dentro do embrião. A demanda por nutrientes (acúmulo de N e P ainda está em progresso, K está quase completo) e água ( $8\text{mm dia}^{-1}$ ) atinge seu pico. O calor e a seca podem afetar a polinização e o número final de grãos.

- R2 (Grão Bolha D’água): o “cabelo” do milho escurece e começa a secar (aproximadamente 12 dias após R1). O grão se assemelha a uma bolha com coloração branca e fluido transparente em seu interior. Nesta fase o grão apresenta 85% de umidade; os embriões se desenvolvem em cada grão. A divisão celular está completa. Inicia-se o enchimento de grão. Estresses podem reduzir o potencial de produção através da redução do número final de grãos (abortamento).

- R3 (Grão Leitoso): “Cabelo” do milho seca (aproximadamente 20 dias após R1). O grão torna-se amarelado e um fluido semelhante ao leite pode ser extraído quando este é esmagado com os dedos. Este fluido é o resultado do processo de acúmulo de amido dentro do grão. Estresses ainda podem causar abortamento. Iniciando-se pela ponta da espiga.

- R4 (Grão Pastoso): pelo acúmulo de amido o grão apresenta consistência pastosa (aproximadamente 26 a 30 dias após R1). Nesta fase, ocorre um rápido acúmulo de nutrientes e amido; o grão possui 70% de umidade e começa a se apresentar no topo. O material extraído do grão apresenta uma consistência pastosa. Estresses podem causar má formação ou gerar grãos chochos e espigas sem valor.

- R5 (Formação de Dente): a maior parte dos grãos estão dentados, a umidade do grão cai para 55% (38 a 42 dias após R1) e o conteúdo de amido aumenta. Estresses podem reduzir a massa do grão. A colheita para silagem está próxima (por volta de 50% de grãos leitosos).

- R6 (Maturidade Fisiológica): a camada preta se forma na base do grão, bloqueando o movimento de matéria seca e nutrientes da planta para os grãos (50 a 60 dias após R1).

O grão atinge a sua maior massa seca (30 a 35% de umidade) e estão maduros fisiologicamente. O grão não está pronto para um armazenamento seguro. A colheita pode ser iniciada, porém para um longo período de armazenamento é recomendado uma umidade de 14,5%. Atentar para as pragas como a Broca Europeia do milho (*Ostrinia nubilalis*), que pode causar a queda de espiga (SILVA. 2019).

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais espécies de cereais utilizadas no mundo. No Brasil, a primeira e segunda safra do grão totalizaram mais de 79 milhões de hectares em 2017, configurando-se como uma das principais culturas de importância econômica para o país, sendo uma das poucas espécies econômicas nativas das Américas. É também uma planta herbácea, anual e com ciclo completo de quatro a cinco meses. Além disso, o milho é uma planta monoica com flores femininas nas axilas das folhas (espigas) e com flores masculinas na extremidade superior (panículas) (TOLEDO, 1980).

Trata-se de uma gramínea que faz parte da família Poaceae, é classificada como uma cultura anual e seu tamanho pode chegar até 4 metros de altura. Esta planta tem morfologia caracterizada por vários processos como o de supressão, condensação e multiplicação, e é através de fatores ambientais que seus aspectos reprodutivos podem ser alterados (MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2002; IBGE, 2018).

Segundo (CHUN *et al.* 2011), a redução da disponibilidade hídrica ocasiona estresse às plantas de milho e reduz seu crescimento, mesmo sob condições de atmosfera modificada com aumento de CO<sub>2</sub>.

Ressalta-se, ainda, que os índices fisiológicos, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub> são afetados por fatores ambientais, como luz, temperatura, concentração de CO<sub>2</sub> e disponibilidade de água e nutrientes (SHIMAZAKI *et al.*, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2013; MELO *et al.*, 2010); assim, com base no estudo das interações desses parâmetros com cada fator ambiental, em particular o estado hídrico da planta, pode-se conhecer a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais de uma dada espécie ou variedade (QUIÑONES *et al.*, 2005; PEIXOTO *et al.*, 2006).

Contribuem também para a baixa produtividade do milho em Alagoas a ocorrência do período chuvoso no inverno e, assim, menor disponibilidade de energia (radiação solar), que nesse período varia de 2,5 a 23 MJ m<sup>-2</sup> (SANTOS *et al.*, 2009) e o potencial risco climático associado à ocorrência de veranicos (CARVALHO *et al.*, 2013).

A escolha do período adequado à semeadura da cultura é de elevada importância, pois quando supridas suas necessidades nutricionais e fitossanitárias, a radiação solar, a disponibilidade hídrica e temperatura do ar são as condições que mais influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas, e a disponibilidade destes fatores ambientais sofre variação temporal ao longo do ano (CANTARELLI *et al.*, 2015).

### **3.3. Irrigação e Eficiência no Uso da Água pelo Milho**

Um ponto importante que tem que ser observado antes de fazer a seleção do método de irrigação é determinar a real necessidade de irrigação e a possibilidade de irrigar (EMBRAPA, 2001).

Autores como (BERGAMASCHI *et al.*, 2014) e (HERNANDEZ *et al.*, 2015) apontam que a cultura do milho apresenta alta demanda por água, necessitando de 200 a 500 mm durante o ciclo de produção. Entretanto, essa demanda pode mudar em função de diversos fatores, como a diversidade de climas existentes nas diversas regiões que produzem milho.

Em Alagoas a demanda hídrica do milho que é de 225 a 304 mm na região da Zona da Mata (SILVA *et al.*, 2016), muda para 457 a 650 mm na região Semiárida (ARAÚJO *et al.*, 2021). Silva *et al.*, (2021) estudando o efeito do déficit hídrico em diferentes fases fisiológicas do milho na região semiárida de Alagoas, verificaram que plantas submetidas ao déficit hídrico na fase de pendoamento e floração foram menos produtivas, sofrendo com variação no número de grão por espiga.

A falta ou o excesso de água acarreta injúrias e diminuição da produtividade das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Tendo em vista as adversidades oriundas das condições climáticas das diversas regiões onde há cultivo de milho, no que diz respeito a disponibilidade hídrica, tanto em termos quantitativos, quanto na distribuição da precipitação no tempo e no espaço, o emprego da irrigação, em caráter total ou complementar, é ferramenta determinante no sucesso do cultivo e na produtividade final do milho.

Para tanto, se faz necessário conhecer a quantidade de água a ser fornecida no cultivo, bem como a adoção de manejo consciente, evitando desperdício de água e reduzindo custos na irrigação (COÊLHO *et al.*, 2014).

A cultura necessita de diferentes cuidados dependendo do período do ciclo em que se encontra. Como por exemplo, no estado vegetativo a falta de água reduz o crescimento da planta em razão da diminuição da área foliar e biomassa (BERGAMASCHI *et al.*, 2006). Também segundo (BERGAMASCHI *et al.*, 2006) expõe que em fase não crítica o milho ainda pode se recuperar e expressa produtividade satisfatória, diferente se o déficit ocorre na pré-floração e enchimento de grãos.

Quando se fala em irrigação é importante a compreensão e avaliação da capacidade de armazenamento de água no solo, como o fluxo de infiltração e evaporação tanto em superfície como também em profundidade (drenagem interna) (PINHEIRO, TEIXEIRA e KAUFMANN, 2009).

A evapotranspiração da cultura (ETc) sofre influência, além das variáveis meteorológicas e do solo, das características intrínsecas a cada cultura, como o tipo de metabolismo e tamanho das folhas, variando, ainda, de acordo com as fases fenológicas da planta (SOUZA *et al.*, 2015). Em condições de irrigação, assume-se que não há déficit hídrico, uma vez que a demanda hídrica da cultura é suprida, ou seja, não há estresse para as plantas e, assim, igual à ETc. Nesse sentido, em regime irrigado, a ETr e a ETc são equivalentes.

Alguns autores definem a quantidade de água perdida por evapotranspiração como exigência de água da cultura, devido à equivalência de ambas. Embora a ETc seja semelhante à exigência de água da cultura, esta última se refere à quantidade de água que precisa ser fornecida, enquanto a evapotranspiração da cultura se refere à quantidade de água que está sendo perdida para a atmosfera (ALLEN *et al.*, 1998; PEREIRA *et al.*, 2002)

A água é um recurso que nos últimos anos está sendo alvo de muitas discussões quanto ao seu uso e disponibilidade. Para o uso da irrigação na agricultura, práticas conservacionistas agrícolas devem ser consideradas para economizar recursos hídricos e aperfeiçoar a eficiência de seu uso. Dessa forma, para utilizá-la com economia os projetos de irrigação precisam melhorar o manejo para aumentar a eficiência no uso da água (EUA).

A eficiência no uso da água (EUA) é uma relação utilizada por pesquisadores do mundo inteiro para determinar a quantidade de matéria prima produzida por unidade de água consumida pela planta (DOOREMBOS & KASSA, 1979). Inman-Bamber & Smith (2005) sugerem que a EUA seja calculada utilizando a relação entre a produtividade e a evapotranspiração da cultura.

Quando o objetivo é maximizar EUA, uma das opções é adotar a irrigação deficitária, ou seja, irrigar abaixo do nível de máxima produção, desde que a redução da produtividade seja mínima ao ponto de manter o retorno econômico da cultura (KANG, SHI e ZHANG, 2000).

O produtor deve compreender a necessidade hídrica no momento de implantar a cultura desejada, para determinar a quantidade de água que a cultura irá necessitar em seu ciclo, determinar quais os períodos críticos que a cultura está mais suscetível a déficit hídricos para reduzir perdas no rendimento (CARVALHO *et al.*, 2013).

O milho desenvolveu mecanismos para driblar problemas como o estresse hídrico, com respostas fisiológicas que permitem diminuir a perda de água para o ambiente. Para evitar maiores perdas de água para o ambiente, em horários de pico de calor, ocorre na planta, o fechamento dos estômatos ou a alteração do ângulo com que a luz solar atinge a zona foliar (BARROS e CALADO, 2014).

A demanda de água para irrigação é obtida por medidas diretas (método padrão da estufa) e indiretas da umidade do solo (tensiômetro, técnica da reflectometria no domínio do tempo (TDR) ou sondas de nêutrons) ou pelo balanço de água no solo baseado nas condições edafoclimáticas (TEIXEIRA *et al.*, 2005; MOURA, 2019).

Basicamente são quatro os métodos de irrigação, tendo em vista que para cada um desses existem mais dois ou mais sistemas de irrigação que podem ser empregados complementarmente: superfície, aspersão, localizada e subirrigação (EMBRAPA, 2017).

Segundo a (EMBRAPA, 2001) a decisão de irrigar ou não deve levar em consideração a quantidade e a distribuição de água das chuvas, o efeito da irrigação sobre a produção da cultura, necessidade de água da cultura e a disponibilidade de água na fonte. Para se obter uma irrigação satisfatória é necessário fazer um balanço hídrico diário em que se considera a entrada (chuva e a irrigação) e saída (evapotranspiração) de água do sistema (FLUMIGNAN *et al.*, 2015).

O desempenho hidráulico do sistema é um fator que influencia o manejo adequado da irrigação, para um bom funcionamento é recomendado uma manutenção periódica de todo o sistema hidráulico (NASCIMENTO *et al.*, 2009). Quando se fala em irrigação é importante a compreensão e avaliação da capacidade de armazenamento de água no solo, como o fluxo de infiltração e evaporação tanto em superfície como também em profundidade (drenagem interna) (PINHEIRO, TEIXEIRA e KAUFMANN, 2009).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Alagoas/Campus Piranhas, sendo que a primeira época foi durante os meses de dezembro de 2016 a março de 2017 e a segunda época de março a julho de 2017, em uma área de 352 m<sup>2</sup> (Figura 1). A cultivar de milho que foi utilizada é um híbrido de milho de alto potencial produtivo AG7088.

**Figura 1**– Mapa e imagem de satélite do IFAL – Campus Piranhas, localizado na cidade de Piranhas-AL, destacando a área do experimento (quadro com borda amarela).

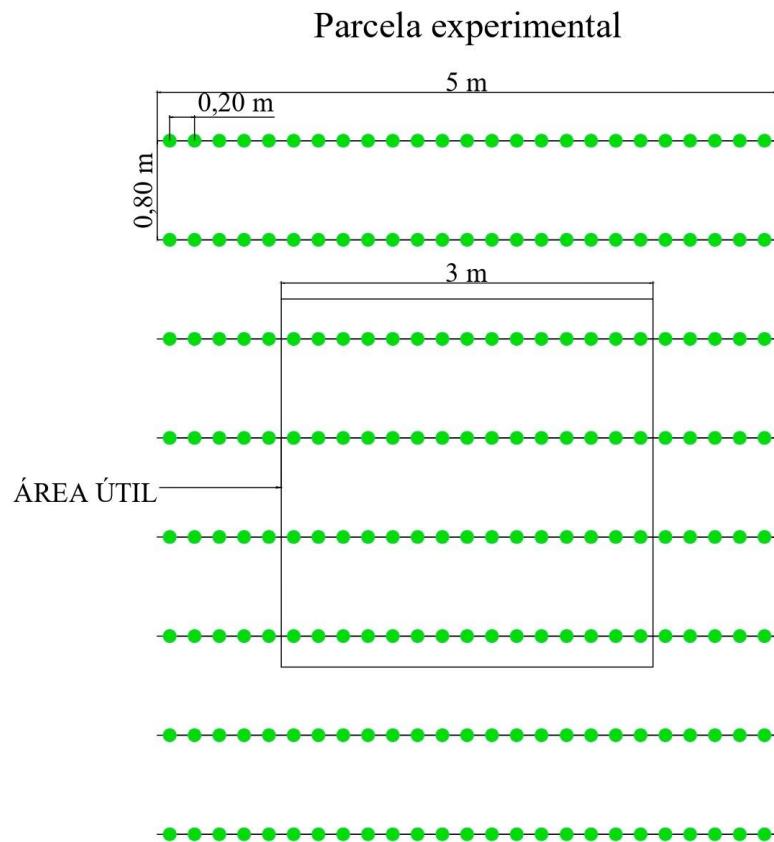


Fonte: Google Maps, adaptado pelo Autor (2023).

### 4.2. Delineamento

O delineamento experimental foi utilizado em blocos ao acaso com dois tratamentos (2 épocas de cultivo) e 10 repetições. As parcelas foram compostas por 8 fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas a 0,80 m, resultando numa área de parcela de 32 m<sup>2</sup>, sendo que a área útil foi composta pelos 3 m centrais das quatro linhas do meio.

**Figura 2**– Croqui da parcela experimental.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.3. Condução do experimento

A coleta para análise do solo (Tabela 1) foi realizada após o preparo de solo via gradagem. Foi utilizado o híbrido de milho transgênico AG7088 cujo plantio foi feito em sulcos abertos manualmente, colocando-se duas sementes a cada 0,20 m, e quando as plantas atingiram o estádio V4, com as 4 folhas totalmente expandidas, foi feito o desbaste para uma planta, resultando numa população de 62.500 plantas por hectare.

**Tabela 1**– Características físicas do solo e classificação realizada por Sousa *et al.* (2010).

Características Físicas	Resultados
Tipo de solo	Luvissolo Crômico
Textura	franco argilosa
Densidade volumétrica ( $\text{g m}^{-3}$ )	1,19
Porosidade total (%)	55
$\theta_{\text{CC}}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	0,2131
$\theta_{\text{PMP}}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	0,1172
$\theta_{\text{CAD}}$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	28,77

<sup>1</sup>O solo foi coletado na área do experimento e a análise física foi realizada no laboratório da UFCG.  
Fonte: Sousa (2010), adaptado pelo Autor (2023).

A adubação foi realizada em função da produtividade esperada de 10 t ha<sup>-1</sup>, de acordo com Coelho (2007). Para isso, foram aplicados no plantio 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples, mais 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio. A segunda metade do potássio (50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) foi aplicada em cobertura aos 21 dias após a semeadura (DAS), mais 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, parcelado aos 21, 36 e 56 DAS.

O controle de pragas e doenças foi realizado através do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD) com catações manuais e inseticida químico à base de metomil na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup> nas fases de crescimento vegetativo (22 DAS) e na fase de floração (50 DAS), enquanto o controle de plantas espontâneas foi realizado através de capinas manuais e herbicida à base de glifosato na dose de 2,6 L ha<sup>-1</sup>.

#### 4.4. Irrigação

A irrigação se deu via sistema de gotejamento com vazão de 1,5 L h<sup>-1</sup>, pressão nominal de 10 mca e espaçamento entre gotejadores de 20 cm. A lâmina de irrigação foi estimada de acordo com a evapotranspiração da cultura (ETc), em que os dados meteorológicos para essa estimativa foram obtidos na estação automática de aquisição de dados do INMET, localizada próximo à área experimental. A evapotranspiração de referência (ETo) foi calculada pelo método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), conforme a Equação 1:

$$ETo = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left( \gamma \frac{900}{T+273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + [\gamma (1 + 0,34 u_2)]} \quad (1)$$

Em que: é a inclinação da curva da pressão de vapor d'água saturado versus temperatura do ar (kPa °C<sup>-1</sup>); R<sub>n</sub> é o Saldo de radiação estimado (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G é o fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); γ é o Coeficiente psicrométrico; T é a temperatura média do ar; u<sub>2</sub> é a velocidade média do vento a 2m de altura (m s<sup>-1</sup>); e a pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa) e é a pressão do vapor d'água do ar (kPa).

Nas estimativas de ETc, o desenvolvimento da planta foi dividido em quatro estádios (inicial, crescimento, intermediário e final), onde consta no boletim FAO-56 (Allen *et al.*, 1998) os comprimentos médios desses estádios e os procedimentos detalhados para o cálculo de ETc pelo método do K<sub>c</sub> único. Os coeficientes da cultura pelo método único tabelados no boletim foram ajustados e interpolados pela abordagem apresentada no próprio

boletim (Tabela 2). No ajuste de Kc foram considerados os dados climáticos reais do período e edáficos da área experimental escolhida.

**Tabela 2**– Coeficientes da cultura único tabelados e ajustados para as fases fenológicas da cultura do milho cultivada no Semiárido Alagoano.

Fase	K <sub>c</sub> Tabelado	K <sub>c</sub> Ajustado	
		Época 1	Época 2
Inicial	0,4	0,9	0,5
Crescimento	-	-	-
Intermediário	1,2	1,16	1,08
Final	0,6	0,52	0,61

Fonte: Allen *et al.* (1998) e Autor (2023).

#### 4.5. Biometria

A biometria foi realizada a partir dos 30 DAS, a cada 15 dias, em que foram avaliadas as variáveis de altura do dossel, diâmetro do colmo e índice de área foliar (Figura 3). A altura da planta foi avaliada medindo-se a distância vertical entre o colo da planta até a extremidade. O diâmetro do colmo (DC) com medido com o auxílio de um paquímetro e o índice de área foliar (IAF) foi calculado pela Equação 2:

$$IAF = \frac{AF \times NP}{\epsilon \times H} \quad (2)$$

Em que: AF: é a área foliar ( $m^2$ ); Np: é o número de plantas na linha de contagem;  $\epsilon$ : é o espaçamento médio entre linhas (m); H: é o comprimento da linha de contagem das plantas (m).

**Figura 3**– Avaliação de altura de plantas (A) e diâmetro do colmo (B), durante 2 épocas de cultivo de milho em Piranhas – AL, Semiárido Alagoano.



Fonte: Autor (2023).

A área foliar foi determinada de acordo com a metodologia de Hermann e Câmara (1999), conforme a Equação 3:

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N + 2) \quad (3)$$

Em que: C é o comprimento da “folha +3” (m); L a largura da “folha +3” (m); 0,75 é o fator de correção de forma das folhas de milho; e N o número de folhas fotossinteticamente ativas.

#### 4.6. Produtividade

Por ocasião da colheita a produtividade do milho foi determinada através do peso médio dos grãos na fase de maturação fisiológica, em que as amostras foram colocadas em estufa de secagem por 48 horas a 65°C para corrigir a umidade para 13%.

Através dos dados de rendimento de grãos e da ETc total foi determinada a eficiência no uso da água pela cultura (EUA) em mm por tonelada, de acordo com Hatfield *et al.* (2001), conforme exposto na Equação 4:

$$EUA = Pt /W \quad (4)$$

Em que: Pt – é a produtividade agrícola ( $kg\ ha^{-1}$ ); W – é a lâmina de água total aplicada (mm).

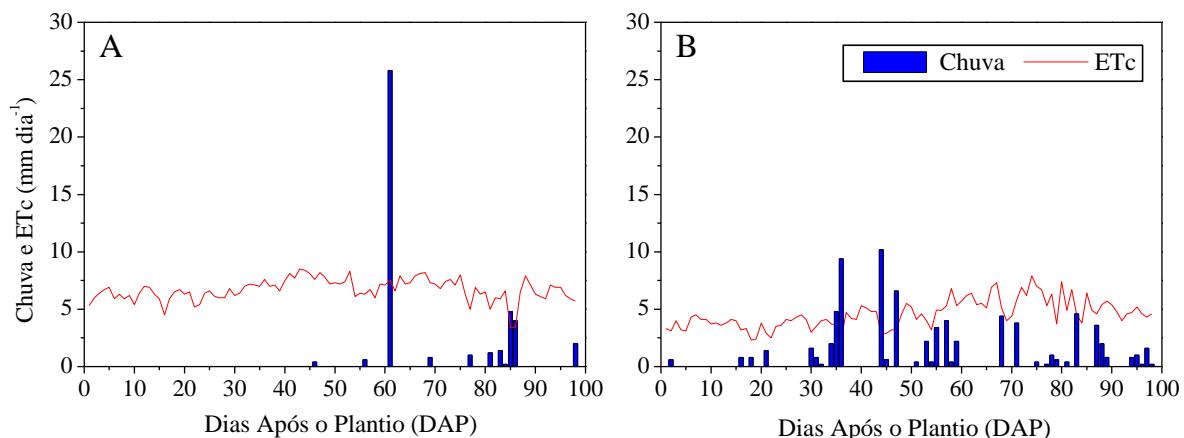
#### 4.7. Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p<0,05$ ) e o pareamento de médias pelo teste T de Student ( $p<0,05$ ).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação pluvial ao longo da época 1 (Figura 4A) de produção do milho acumulou 42,2 mm, sendo que 61,1% (25,8 mm) dessas chuvas ocorreram em um único dia, indicando uma distribuição irregular da precipitação pluvial durante o período, característica comum observada para pluviosidade de regiões semiáridas. Contudo, este período do ano não corresponde à estação chuvosa da região, que ocorre entre os meses de abril e junho (SANTOS *et al.*, 2017). Na época 2 (Figura 4B), a chuva foi mais bem distribuída e somou 78,4 mm, com máxima de 10,2 mm no dia. No entanto, a chuva não foi suficiente para atender a demanda hídrica da cultura, a qual foi praticamente toda atendida pela irrigação.

**Figura 4** –Valores diários de chuva e ETc de dezembro de a março Época 1 (A) e de março a julho Época 2 (B), durante 2 épocas de cultivo de milho em Piranhas – AL, Semiárido Alagoano.



Fonte: INMET (2016/17); Autor (2023).

A evapotranspiração da cultura (ETc) na Época 1 somou, ao final do ciclo, 658,2 mm, com mínimo de  $3,4 \text{ mm dia}^{-1}$  (17 e 18 de março), máxima de  $8,5 \text{ mm dia}^{-1}$  (03 de fevereiro) e média de  $6,7 \text{ mm dia}^{-1}$  (Figura 4A). Na época 2 a ETc acumulou 455,1 mm, com mínima foi de  $1,3 \text{ mm dia}^{-1}$  (julho), máxima de  $7,5 \text{ mm dia}^{-1}$  (maio) e média de  $4,0 \text{ mm dia}^{-1}$  (Figura 4B). Araújo *et al.* (2021), avaliando o balanço sazonal de água no solo para o cultivo de milho em diferentes épocas do ano, na região de Piranhas, Semiárido Alagoano, encontraram resultados semelhantes, nos quais a ETc acumulou 633 mm e 457 mm nos períodos de outubro-fevereiro e abril-agosto, respectivamente.

Observam-se valores menores de ETc no período em que há ocorrência de chuvas, quando há alta nebulosidade e diminuição da intensidade da radiação solar, causando menor aquecimento do ar e consequentemente, redução da demanda hídrica atmosférica. A duração das Época 1 e 2, até o estádio R4, foi de 98 e 99 dias.

De acordo com os resultados da (Tabela 3) foi observada diferença estatística entre as épocas de cultivo para a variável produtividade de grãos, em que a Época 1 ( $8,9 \text{ t ha}^{-1}$ ) apresentou resultado superior à Época 2 ( $6,7 \text{ t ha}^{-1}$ ). Na planta, tanto o crescimento quanto o desenvolvimento e a translocação de fotoassimilados encontram-se ligados à disponibilidade hídrica do solo. Consequentemente, em condições de déficit hídrico, a produtividade de grãos é substancialmente afetada, sendo os estádios de pendoamento, florescimento e enchimento de grãos considerados as fases mais críticas da cultura (SILVA *et al.*, 2021).

**Tabela 3**–Duração do ciclo, Temperatura média (Tméd), Evapotranspiração da Cultura – ETc, Chuva efetiva (P<sub>efet.</sub>), Irrigação (I) e Chuva + Irrigação, em mm, Produtividade de grãos – Prod. ( $\text{ha}^{-1}$ ), Eficiência do Uso da Água – EUA ( $\text{kg mm}^{-1}$ ), durante o ciclo de produção na Época 1(dezembro a março) e Época 2 (março a julho)do cultivo de milho em Piranhas, Semiárido Alagoano.

Época	Duração R4 (dias)	Tméd (°C)	ETc (mm)	P <sub>efet.</sub> (mm)	I (mm)	P+I (mm)	Prod.* ( $\text{t ha}^{-1}$ )	EUA** ( $\text{kg mm}^{-1}$ )
1	98	29 ( $\pm 3$ )	658,2	21,8	678,0	700	8,9a	12,7b
2	99	26 ( $\pm 4$ )	455,1	78,4	393,1	471,5	6,7b	14,2a

\*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de probabilidade. \*\*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste t de Student a 1% de probabilidade.

Fonte: Autor (2023).

A interação das condições térmicas com a duração dos dias é um fator importante no cultivo de milho, em que o número de nós formados antes da iniciação do pendão depende do genótipo, mas é influenciado pela soma térmica (DUNCAN, 1976). De acordo com Silva *et al.* (2021), o maior fotoperíodo disponível durante a Época 1, causou maior evapotranspiração e proporcionou para a planta maior atividade fotossintética, a qual, somada ao suprimento hídrico e nutricional adequados, implicaram em maior resposta produtiva.

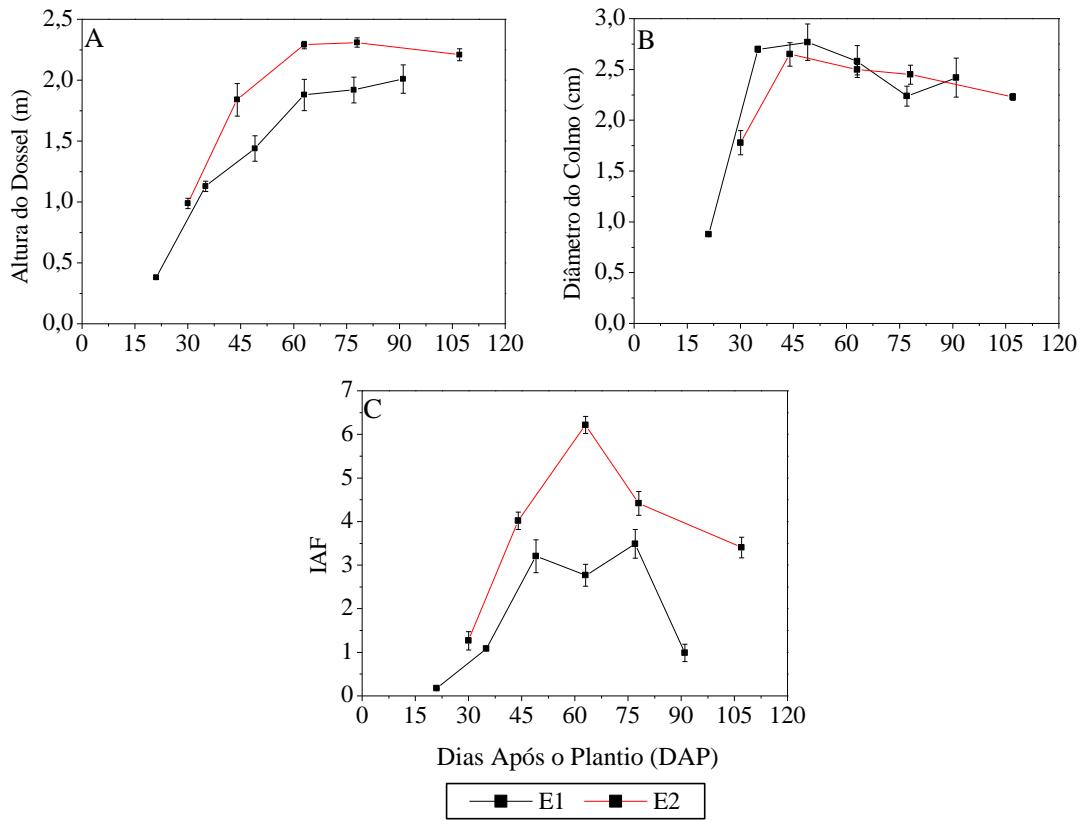
A Eficiência do Uso da Água (EUA,  $\text{kg mm}^{-1}$ ) é dada pelo quociente entre a produtividade alcançada e a lâmina d'água total aplicada (chuva efetiva + irrigação) na cultura do milho durante seu cultivo em cada época avaliada. Diante os resultados expostos, é possível observar que entre as épocas avaliadas, a Época 2 apresentou maior eficiência, obtendo média de 14,2 kg de grãos produzidos para cada milímetro de água aplicado, em detrimento da Época 1, que produziu média de 12,7 kg de grãos para a mesma quantidade de

água aplicada. Embora a produtividade alcançada na Época 2 tenha sido inferior a alcançada na Época 1, em decorrência das condições climáticas características (nebulosidade, intensidade da radiação solar, demanda hídrica atmosférica, etc.), o consumo de água na Época 1 foi consideravelmente maior que na Época 2, influenciando diretamente no resultado da EUA (SILVA *et al.*, 2022). A diferença de produtividade entre as épocas é da ordem de 33%, enquanto a diferença de água aplicada é de 48%.

Souza *et al.* (2015) e Shittenhelm *et al.* (2010) observaram redução da EUA com o aumento da lâmina de irrigação porque esses fatores são inversamente proporcionais. Uma explicação para essa redução de eficiência com o aumento da lâmina de irrigação, conforme a “lei dos mínimos” de Liebig (1840), é de que nada adianta ter fatores de produção em quantidade adequada se um estiver em falta. Ou seja, a água deixou de ser um fator limitante no rendimento do grão enquanto outros fatores passaram a limitar a produtividade da cultura.

O crescimento da cultura nas duas épocas de cultivo apresentou diferença significativa para a altura máxima do dossel (Figura 5A), em que na Época 2, o milho atingiu mais rápido o crescimento máximo (2,37 m) em relação à Época 1 (2,23 m). O menor crescimento na Época 1 pode ser atribuído ao efeito térmico, em que a temperatura média desta época (29°C) esteve próximo ao limite máximo adequado para a cultura (30°C), conforme Warrington & Kanemasu (1983). Blanco *et al.* (2011), estudando o efeito de lâminas de irrigação no milho verde, na região de Teresina PI, observaram maior altura do dossel de (219 cm) com irrigação total de 603 mm. Almeida (2016), analisando o comportamento do milho submetido a déficits e excessos hídricos, verificou menores alturas do dossel (198 a 207 cm) com irrigação equivalente a 50% e 70% da ETc e maior altura do dossel (219 cm) nos tratamentos submetidos ao nível de irrigação de 150% ETc.

**Figura 5** – Média e erro padrão da média para Altura do dossel (A), diâmetro do colmo (B) e Índice de Área Foliar (C) do milho de dezembro de a março (Época 1) e de março a julho de (Época 2) durante 2 épocas de cultivo em Piranhas – AL



Fonte: Autor (2023).

Para a variável diâmetro do colmo (Figura 5B) é possível observar o desenvolvimento acentuado até os 45 DAP para Época 1. Na Época 2 o desenvolvimento do colmo ocorreu de forma progressiva, apresentando redução a partir dos 60 DAP, momento a partir do qual a planta se aproxima da maturidade fisiológica, priorizando o envio de fotoassimilados para as espigas em detrimento dos demais componentes do corpo vegetativo. Resultados semelhantes foram verificados por Sousa *et al.* (2019) avaliando o crescimento da cultura do milho, através da utilização de turnos de rega e uso de cobertura morta em região semiárida. Resultados semelhantes também foram encontrados por (CORAL, 2019) onde o diâmetro do colmo no milho irrigado foi de 24,5 cm aos 60 DAP.

O diâmetro do colmo, está intimamente relacionada ao acúmulo de reservas, e ainda promove a sustentação da planta (PEIXOTO *et al.*, 2011). Os sólidos solúveis armazenados nesta estrutura, conforme Campos *et al.* (2010) são utilizados posteriormente

para a formação e enchimento dos grãos, ou seja, possui relação com a produtividade da lavoura.

O IAF (Figura 5C) também apresentou diferenças significativas ao longo do ciclo entre as épocas de cultivo, em que a Época 2 apresentou maiores valores, sendo o IAF máximo desta época igual a 6,1, enquanto a Época 1 atingiu IAF máximo de 4,0. Quando as plantas atingiram o IAF máximo, começaram a translocar os fotoassimilados para a espiga, e logo após, o IAF começou a decrescer devido a senescência das folhas mais velhas. Resultados foram obtidos por (BARBOSA, 2017; COSTA *et al.*, 2011).

A eficiência de interceptação de radiação solar aumenta rapidamente no início do ciclo do milho, devido ao aumento no índice de área foliar (IAF). Porém, na medida em que IAF aumenta, há sombreamento crescente no interior do dossel, resultando em acréscimos menores na eficiência de interceptação. Trabalhos experimentais em Porto Alegre-RS mostram que a máxima eficiência de interceptação (em torno de 0,98) foi alcançada com IAF entre 5 e 6. Este padrão de variação se ajusta ao modelo exponencial de interceptação proposto por Monsi e Saeki (1953), modificado e utilizado por diversos autores, como Bonhomme *et al.* (1982) e Gosse *et al.* (1986).

Assim sendo, qualquer fator que afeta o crescimento da área foliar também interfere na eficiência de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Dentre eles, destacam-se o déficit hídrico, a deficiência de nitrogênio no solo e a densidade e arranjo de plantas na área. França, Bergamaschi e Rosa (1999) observaram que o déficit hídrico diminuiu o crescimento vegetativo do milho, reduzindo o índice de área foliar e a produção de matéria seca, aumentando a necessidade de graus-dia para completar o ciclo.

## 6. CONCLUSÕES

- A evapotranspiração do milho e a temperatura são maiores na estação seca da região de Piranhas-AL;
- A estação seca proporciona menor crescimento e maior produtividade de grãos do milho sob irrigação;
- A eficiência no uso da água pelo milho é maior na estação chuvosa em função do menor volume de água requerido para irrigação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. A.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and drainage paper, 56).
- ALMEIDA, B. M. **Déficit e excesso hídrico na cultura do milho (*Zea mays* L.) em ambiente protegido**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.11.2016.tde-28042016-113144>
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Solicite sua outorga**, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/outorga/solicite-sua-outorga>. Acessado em 10 jun. 2022
- ANTONINO, A. C. D.; SAMPAIO, E. V.; DALL'OLIO, A.; SALCEDO, I. H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semiárido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 29-34, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000100006>.
- ARAÚJO, E. R.; SILVA, S.; SILVA, C. S.; SOUZA, J. E.; SOUSA, A. C. P.; TEODORO, I. Balanço sazonal de água no solo para manejo da irrigação de milho no semiárido de Alagoas. **Revista Verde**, v. 16, n. 3, p. 253-258, 2021. DOI: 10.18378/rvads.v16i3.8015.
- BARBOSA, W. S. S **Milho cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2017. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/1938>>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. 2014. Universidade Évora – Departamento de Fitotecnia. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10174/10804>>. Acesso em: 23 out. 2022.
- BERGAMASCHI, H. DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200008>
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; & HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000900001>
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar. p.84. 2014.
- BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 524-530, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000500010>

BONHOMME, R.; RUGET, F.; DERIEUX, M.; VINCOURT, P. Relations entre production de matières sèches et énergie interceptée chez différents génotypes de maïs. **C. R. Acad. Sci., Ser. 3 Sci. Vie.**, n. 294, p. 393-397, 1982.

CAMPOS, M. C. C.; SILVA, V. A.; CAVALCANTI, I. H. L.; BECKMANN, M. Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, p. 77-84, 2010.

CANTARELLI, A. L. D.; SILVA, S.; SANTOS, L. R.; COSTA, C. T. S.; SANTOS, M. A. L. Produtividade do milho sob diferentes disponibilidades hídricas e térmicas. In: **II Simpósio brasileiro de recursos naturais do semiárido**, 2015, Quixadá. Convivência com o semiárido: Certezas e incertezas. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, v. 2., 2016.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; PORFIRIO, A. C. S. Ocorrência de períodos secos na região de Rio Largo, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 173-180, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000200006>

CARVALHO, J. F.; CELESTINO, J. T.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; SANTOS, M. H. V.; SANTOS, A. N. Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 368-374, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000400006>

COELHO, A. M. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Circular técnica, 96).

COÊLHO, M. R.V. **Alterações fisiológicas e metabólicas em *hyptis fruticosa* salzm. ex. benth e *ocimum gratissimum* L. sob diferentes regimes hídricos**. 2014. p.87. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2021/22 – 12º Levantamento 2021/22**. Levantamento, Brasília: CONAB, n. 12, v. 9, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 22fev. 2023.

CORAL, André. **Avaliação do milho safrinha irrigado por gotejamento**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14645>.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO 1979. 193p. (Estudios FAO: Yield response to water, paper 33).

DUNCAN, W. G. **Crop Physiology**: some case histories. Maize, in: Evans, L.T. (Ed.), Cambridge, ed. 2, p. 23-50, 1976.

EMBRAPA. Métodos de irrigação, 2017. **Embrapa Milho e Sorgo**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/irrigacao/metodos>> EMBRAPA. Métodos de irrigação, 2017. Acessado em: 10 jun. 2022.

EMBRAPA. Seleção do sistema de irrigação. **Embrapa Milho e Sorgo**, Circular Técnica 14, 2001. Disponível em: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20011485302>>. Acesso em: 26 out. 2022.

FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. S.; GARCIA, R. A. **Necessidade de irrigação complementar da soja na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, ed. 1, p. 1-8, 2015. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33888763.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2022.

GOSSE, G. *et al.* Production maximal de matièresèche et rayonnement solaire intercepté par uncouvertvégétal. **Agronomie**, v. 6, p. 47-56, 1986.

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

KANG, S.; SHI, W.; ZHANG, J. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. **Field Crops Research**, v. 67, p. 207–214, 2000.

MEDEIROS, R. P. **Componentes do balanço de água e de radiação solar no desenvolvimento do milho, em quatro épocas de semeadura, no agreste de alagoas**. 2009. 88f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufal.br/handle/riufal/238>>. Acesso em: 18 out. 2022.

MONSI, M.; SAEKI, T. Über den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung fur die stoffproduktion. **Japanese Journal of Botany**, v. 14, p. 22-52, 1953.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S.; Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 51- 76, 2011.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, P. L.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92811747017>>. Acesso em: 25 out. 2022.

QUIÑONES, A.; BAÑULS, J.; PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ, F. Recovery of the 15N-labelled fertiliser in citrus trees in relation with timing of application and irrigation system. **Plant and Soil**, v. 268, n. 1, p. 367– 376, 2005.

SANTOS, G. R.; SANTOS, E. M. C.; LIRA, E. S.; GOMES, D. L.; SOUZA, M. A.; ARAÚJO, K. D. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar de Olho D'água do Casado, Delmiro Gouveia e Piranhas, Alagoas. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 3, n. 1, p. 16-27, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2017v3n1ID10845>

SANTOS, M. A.; LYRA, G. B.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; SEDIYAMA, G. C. **Coeficiente da cultura no estádio inicial de desenvolvimento para cana-de-açúcar em diferentes datas de plantio na região de Tabuleiros Costeiros de Alagoas**. STAB, Piracicaba, v. 27, n. 6, p. 30-33, 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/230996220\\_Coeficiente\\_da\\_cultura\\_no\\_estadio\\_inicial\\_de\\_desenvolvimento\\_para\\_cana-de-acucar\\_em\\_diferentes\\_datas\\_de\\_plantio\\_na\\_regiao\\_de\\_Tabuleiros\\_Costeiros\\_de\\_Alagoas](https://www.researchgate.net/publication/230996220_Coeficiente_da_cultura_no_estadio_inicial_de_desenvolvimento_para_cana-de-acucar_em_diferentes_datas_de_plantio_na_regiao_de_Tabuleiros_Costeiros_de_Alagoas)>. Acesso em: 14 out. 2022.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. Meteorologia agrícola. 1999. **ESALQ-Departamento de Ciências Exatas.** Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001023605>>. Acesso em: 10 fev. 2023.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007. DOI: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105434

SILVA, C. S.; SILVA, S.; SILVA, G. F.; SÁ, D. A.; DAMASCENO, F. F.; SOUZA, E. L.; FARIAS, T. S.; SAMPAIO, G. M.; ARAÚJO, E. R.; SILVA, A. A. F. Economic use of water in the cultivation of irrigated caupi beans in the Semi-arid Region of Brazil. **International Journal of Development Research**, v. 12, n. 12, p. 60773-60778, 2022. Disponível em: <<https://journalijdr.com/sites/default/files/issue-pdf/25946.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.37118/ijdr.25946.12.2022>

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Características Morphological characteristics, geneticim proveitment and planting density of sorghum and corncrops: a review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e12310313172, 2021. Acesso em: 03 mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13172>

SILVA, S. Boletim Meteorológico de Piranhas – AL. **Boletim Técnico LIDREN** (Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia do Instituto Federal de Alagoas – Campus Piranhas), 2022.

SILVA, S.; SOUSA, A. C. P.; SILVA, C. S.; ARAÚJO, E. R.; SOARES, M. A. S.; TEODORO, I. Parâmetros produtivos do milho sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas no Semiárido Brasileiro. **IRRIGA**, v. 1, n. 1, p. 30-41, 2021. Disponível em: <<https://energia.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4254>>. Acesso em: 27fev. 2023. DOI: 10.15809/irriga.2021v1n1p30-41.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B. D.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. D. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 151-160, 2015. DOI: 10.1590/1983-21252015v28n417rc

SOUZA E. J.; CUNHA F. F.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA T. S.; SANTOS, O. F.; Eficiência do uso da água pelo milho doce em diferentes laminas de irrigação e adubação nitrogenada. In: **Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**, São Cristovão/SE. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed., p. 954, 2013.

WARRINGTON, I.J. AND KANEMASU, E.T. Corn Growth Response to Temperature and Photoperiod. I. Seedling Emergence, Tassel Initiation and Anthesis. **Agronomy Journal**, v.75, p.749-754, 1983. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1983.00021962007500050008x>