



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ALLAN HEMERSON DE MOURA

**NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DO MILHO NA ZONA
DA MATA ALAGOANA**

Rio Largo – AL
2019

ALLAN HEMERSON DE MOURA

**NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DO MILHO NA ZONA
DA MATA ALAGOANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Agronomia do Centro do Ciências Agrárias - CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Iêdo Teodoro

Rio Largo – AL
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

M929n Moura, Allan Hemerson de

Níveis de irrigação por gotejamento na cultura do milho na zona da mata alagoana. Rio Largo - AL – 2019.
36 f.; il; 33 cm

TCC (Trabalho de conclusão de curso – graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Iêdo Teodoro.

1. Disponibilidade hídrica. 2. Altura do dossel. 3. IAF. I. Título.

CDU: 633.15

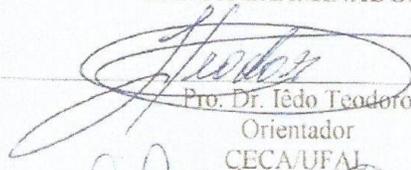
FOLHA DE APROVAÇÃO

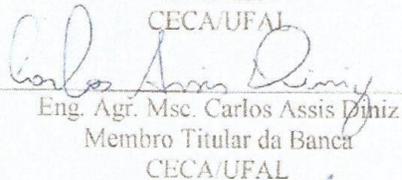
Allan Hemerson de Moura

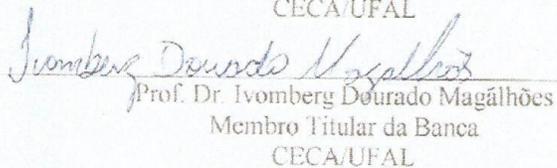
Níveis de irrigação por gotejamento na cultura do milho na zona da mata alagoana

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à coordenação do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias – CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e aprovação em 06 de fevereiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA:


Pro. Dr. Iêdo Teodoro
Orientador
CECA/UFAL


Eng. Agr. Msc. Carlos Assis Diniz
Membro Titular da Banca
CECA/UFAL

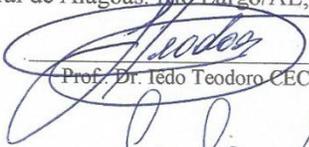

Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães
Membro Titular da Banca
CECA/UFAL



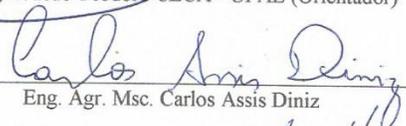
ATA DE REUNIÃO DE BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 06 (seis) dias do mês de fevereiro do ano de 2019, às 14:00 h (catorze horas), sob a Presidência do Professor Dr. Iêdo Teodoro, em sessão pública na sala do laboratório de irrigação e agrometeorologia (LIA), do Centro de Ciências Agrárias, km 85 da BR 104 Norte, Rio Largo-AL, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Níveis de irrigação por gotejamento na cultura do milho na zona da mata alagoana” do aluno **Allan Hemerson de Moura**, sob matrícula **13210202**, requisito obrigatório para conclusão do Curso de Agronomia, assim constituída: Prof. Dr. Iêdo Teodoro, CECA/UFAL (orientador); Eng. Agr. Msc. Carlos Assis Diniz, CECA/UFAL e Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães, CECA/UFAL. Iniciados os trabalhos, foi dado a cada examinador um período máximo de 30 (trinta) minutos para a arguição ao candidato. Terminada a defesa do trabalho, procedeu-se o julgamento final, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição: Prof. Dr. Iêdo Teodoro, nota 8,5 (oito e meio), Eng. Agr. Msc. Carlos Assis Diniz, nota 8,5 (oito e meio) e Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães, nota 8,5 (oito e meio). Apuradas as notas, o candidato foi considerado **APROVADO**, com média geral 8,5 (oito e meio). Na oportunidade o candidato foi notificado do prazo de máximo de 30 (trinta) dias, a partir desta data, para entregar a Coordenação do Trabalho de Conclusão de Curso, devidamente protocolada, da versão definitiva do trabalho defendido, em 4 (quatro) vias, impressas e encadernadas e uma cópia digitalizada em CD com as correções sugeridas pela Banca, sem o que está avaliação se tornará sem efeito, passando o aluno a ser considerado reprovado. Nada mais havendo a tratar, os trabalhos foram encerrados para a lavratura da presente ATA, que depois de lida e achada conforme, vai assinada por todos os membros da Banca Examinadora, pelo coordenador (a) do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e pelo coordenador (a) do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo/AL, 06 de fevereiro de 2019.

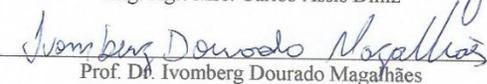
1º Examinador


Prof. Dr. Iêdo Teodoro CECA - UFAL (Orientador)

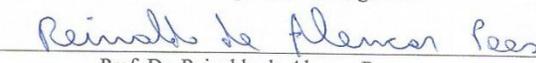
2º Examinador


Eng. Agr. Msc. Carlos Assis Diniz

3º Examinador


Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães

Coordenador do TCC


Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes

Coordenador do Curso de Agronomia


Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus por ser essencial em minha vida, me dando força, sabedoria e proteção ao longo de minhas batalhas,

Aos meus pais Luis Moura Silva e Silvana dos Santos Moura, pela dedicação, incentivo, carinho e atenção que nunca me faltaram,

A minha noiva Isabela da Silva Pereira, pelo companheirismo, amor, paciência e incentivo,

A minha irmã Maria Alice de Moura pelo incentivo e paciência.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Luis Moura Silva e Silvana dos Santos Moura, pelo incentivo, carinho, amor e confiança;

A minha noiva Isabela da Silva Pereira pelo amor, companheirismo e paciência;

A minha irmã Maria Alice de Moura, pelo incentivo e apoio;

Ao meu orientador Dr. Iêdo Teodoro, pela amizade, respeito, confiança, dedicação e orientação durante a graduação;

Ao professor Dr. Guilherme Bastos Lyra, pela amizade e ensinamentos;

Aos colegas de laboratório e amigos: Aristides Neto, Marcelo Augusto, Lekson Rodrigues, Augusto César, Constantino Junior, Samuel Silva pela convivência, amizade, contribuição e ajuda;

Aos meus amigos: Saniel Carlos, Mádson Correia, Mirandy Dias e Cicero Luiz, por toda a amizade, companheirismo e momentos compartilhados;

A todos os meus colegas e amigos de turma, pela a amizade, ajuda e convivência;

A FAPEAL, pela concessão da bolsa;

Ao corpo docente do CECA, pela importante contribuição na minha formação profissional;

A todos que acreditaram em mim e me ajudaram na conclusão deste trabalho.

RESUMO

Na zona da mata alagoana a produtividade agrícola do milho fica muito abaixo do potencial das cultivares atualmente disponíveis no mercado e o principal motivo desse baixo rendimento é, principalmente, às irregularidades da chuva de inverno, que mesmo no período chuvoso, as vezes fica sete ou mais dias seguido sem chuva, afetando o desenvolvimento da cultura do milho, que necessita de 380 a 550 mm, dependendo das condições climáticas. Essa deficiência hídrica pode ser suprida por irrigação para melhorar o desenvolvimento da cultura. Por esse motivo, com o objetivo de analisar o desenvolvimento, crescimento e produtividade do milho com variação de níveis de irrigação, foi instalado um experimento de campo no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA / UFAL). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, no esquema de parcela subdivididas e os tratamentos foram níveis de irrigação e adubação nitrogenada. Mas nesse trabalho foi analisado apenas os efeitos das lâminas de irrigação. O balanço hídrico decendial foi feito pelo método de THORNTWAITE & MATHER (1957), com os dados meteorológicos de precipitação pluvial (P), e evapotranspiração referência (ET0), cedidos pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA) da Universidade Federal de Alagoas. As variáveis analisadas foram: desenvolvimento (duração das fases fenológicas), crescimento (com base na altura do dossel vegetativo, índice de área foliar) e produtividade agrícola. Durante o ciclo de produção da cultura do milho houve deficiência hídrica média de 60,8 mm, o IAF máximo médio (4,2) e a altura do dossel vegetativo máxima média 2,3 (m) são observados aos 60 e 75 dias após o plantio respectivamente. A produtividade de grãos média foi 7,8 t ha⁻¹ e a física máxima 8,4 t ha⁻¹ foi obtida com 498 milímetros de irrigação.

Palavras-Chave: Disponibilidade Hídrica, Altura do Dossel, IAF.

ABSTRACT

In the zone of the alagoana forest the corn agricultural productivity is well below the potential of the cultivars currently available in the market and the main reason for this low yield is, mainly due to the irregularities of the winter rain, which even in the rainy season sometimes stays seven or more days followed without rain, affecting the development of the maize crop, which needs 380 to 550 mm, depending on the climatic conditions. This water deficiency can be supplied by irrigation to improve the development of the crop. Therefore, with the objective of analyze the development, growth and productivity of corn with different levels of irrigation, a field experiment was set up at the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Alagoas (CECA/UFAL). The experimental design was randomized blocks,,in the subdivided plot scheme and the treatments were levels of irrigation and nitrogen fertilization. But in this work It was analyzed the effects of the irrigation levels. The decendial water balance was done by the method of THORNTWAITE & MATHER, (1957), with the meteorological data of rainfall (P) and reference evapotranspiration (ET₀), provided by the Irrigation and Agrometeorology Laboratory (LAI) of the Federal University of Alagoas. The analyzed variables were: development (duration of the phenological phases), growth (based on vegetative canopy height, leaf area index, LAI) and agricultural productivity. During the corn crop production cycle there was an average water deficit of 60.8 mm, the mean maximum LAI (4.2) and the mean maximum vegetative canopy height (2.3 m) are observed at 60 and 75 days after planting, respectively. The average grain yield was 7.8 t ha⁻¹ and the maximum physical 8.4 t ha⁻¹ obtained with 498 mm irrigation.

Key words: Water availability, Canopy height, LAI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escala Fenológica do milho.....	17
Figura 2: Local do experimento (quadro com borda vermelha tracejada) e estação meteorológica do LIA (quadro com borda amarela cheia).....	19
Figura 3: (A) Abertura manual dos sulcos, (B) mistura do adubo.....	20
Figura 4: Aplicação de Glifosato na área do experimento.....	20
Figura 5: Croqui do experimento.....	21
Figura 6: (A) Desbaste e (B) Adubação nitrogenada.....	21
Figura 7: (A) Sistema de irrigação e (B) Teste de uniformidade do sistema de irrigação.....	22
Figura 8: Precipitação pluvial (chuva) e evapotranspiração da cultura (ET_C) do milho em Rio Largo, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.....	25
Figura 9: Balanço hídrico da cultura do milho irrigado com 40% ET_C , (B) 80% ET_C , (C) 120% ET_C , (D) 160% ET_C , (E) 200% ET_C , no período de 19/11/2017 a 11/03/2018 e (F) quadro com os valores de déficit (DEF) e excesso (EXC) hídrico, em Rio Largo – AL.....	26
Figura 10: Índice de área foliar (IAF) e altura do dossel vegetativo da cultura do milho irrigado com cinco lâminas de irrigação (40, 80, 120, 160, 200 % da evapotranspiração da cultura) em Rio Largo – AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.....	28
Figura 11: Produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}$) do milho híbrido AG7088, sob diferentes lâminas de irrigação em Rio Largo – AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala fenológica do milho.....	23
Tabela 1: Estádio fenológico, dias após o plantio (DAP), Tempo para ocorrência de estágio fenológico (t), altura média das plantas (A), em Rio Largo - AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.....	27
Tabela 3: Equações polinomiais do segundo grau utilizadas para estimar o crescimento máximo (L máx.) e a lâmina de máxima eficiência do IAF e Alt. Dossel, do milho híbrido AG7088, sob diferentes lâminas de irrigações: 172 (L1), 267 (L2), 396 (L3), 530 (L4), 661(L5) mm.....	29
Tabela 3: Quadrados médios pela análise da variância dos efeitos de irrigação, no milho híbrido AG 7088.....	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	15
2.2 DEMANDA HÍDRICA.....	15
2.3 IRRIGAÇÃO.....	16
2.4 FENOLOGIA.....	17
2.5 BALANÇO HÍDRICO.....	18
2.6 PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E FUNÇÃO DE PRODUÇÃO.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	19
3.2 PLANTIO E TRATOS CULTURAIS.....	19
3.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	22
3.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA E BALANÇO HÍDRICO.....	22
3.5 FENOLOGIA.....	23
3.6 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ALTURA DO DOSSÉL.....	23
3.7 PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA E PRECIPITAÇÃO PLUVIAL.....	25
4.2 BALANÇO HÍDRICO.....	26
4.3 FENOLOGIA.....	27
4.4 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ALTURA DO DOSSÉL.....	27
4.5 PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA.....	29
5. CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays L.*) é uma das culturas agrícolas de maior importância para agropecuária, bem como para economia mundial. Esse cereal também é uma das culturas agrícolas muito importante para o Brasil, não só do ponto de vista econômico, em função da extensa área cultivada, mas também nutricional, em razão da diversidade de utilização como principal fonte de energia para alimentação humana e animal, assim como na produção de biocombustível e como matéria prima para indústria, principalmente por causa da quantidade e da natureza das reservas energéticas acumuladas nos grãos (SCHITTENHELM, 2008; DOBEREINER, et al., 1995).

No nordeste brasileiro, a produtividade média do milho é $2,5 \text{ t ha}^{-1}$, no Estado de Alagoas cuja demanda anual é mais ou menos 260 mil toneladas, anualmente a produção é 30 a 40 mil toneladas, com rendimento médio de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2018). Essa baixa produtividade no Estado de Alagoas ocorre porque o milho tem sido cultivado, em sua grande maioria, sob sistema de agricultura familiar e esses agricultores sem acesso às novas tecnologias existentes (MEDEIROS, 2009) e a deficiência hídrica provocada pela irregularidade das chuvas e a falta de cultivares adaptadas às características ambientais da zona da mata alagoana. Pois apesar de chover 1.200 a 1.800 mm anuais, 70% da precipitação pluvial ocorre de abril a agosto e 30%, de setembro a março (SOUZA et al., 2004) e durante a estação chuvosa, as vezes, ocorre períodos de 7 ou mais dias sem chuva que provocam estresse hídrico nas plantas, interferindo diretamente no crescimento e produtividade agrícola dos cultivos (BRITO et al., 2013).

A água é um dos fatores de produção das culturas agrícolas que mais interfere diretamente na dinâmica de absorção e utilização dos nutrientes (FERREIRA, et al., 2008). RESENDE et al. (2000) relatam que nos estádios VT (pendoamento) a R1 (florescimento), a planta de milho é mais vulnerável às intempéries da natureza, do que em qualquer fase de desenvolvimento pelo fato do pendão e todas as folhas estarem completamente expostas ao tempo. Para BERGAMASCHI et al. (2006), a necessidade hídrica do milho varia de 200 a 400 mm bem distribuídos e quando essa necessidade não é plenamente suprida pela chuva deve ser complementada através da irrigação. Portanto, a determinação exata da demanda hídrica, a ser suprida por chuva ou irrigação, é imprescindível para elevar o rendimento agrícola e consequentemente econômico da cultura de milho, não só na zona da mata alagoana assim como no Agreste e Sertão alagoano.

A região nordeste teve a maior área de milho cultivado na primeira safra 2017/2018, do país. O acréscimo atingiu 7,2% em relação à safra passada, e o bom comportamento do clima

trouxe uma melhoria nos níveis de produtividades, que deverão repercutir no aumento da produção, com uma expectativa de atingir 5,6 milhões de toneladas na safra 2018/2019. Na segunda safra (sequeiro), a Região Nordeste registrou redução na área semeada de 8,2%, quando comparada à safra anterior. Com produtividade média de 1.668 kg ha^{-1} (CONAB, 2018).

O presente trabalho teve como objetivo analisar o crescimento e a produtividade agrícola do milho em diferentes níveis de irrigação na região da zona da mata alagoana. Para isso foi calculado a evapotranspiração da cultura (ET_C), realizado o balanço hídrico, observado a fenologia das plantas, calculado o índice de área foliar (IAF), medida a altura do dossel vegetativo e estimada a produtividade de grãos de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O milho (*Zea mays L.*) é uma monocotiledônea pertencente à família das Poaceae, gênero Zea. É uma planta C4 que tem por característica excelente eficiência no uso de CO₂, o ciclo de produção gira em torno de 120 dias, variando em função principalmente do genótipo e clima. Tudo indica que é de origem americana, mais especificamente no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos. (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004).

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O cultivo agrícola do milho é de grande importância para a agropecuária, bem como para a economia mundial.

De acordo com o 8º levantamento da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), para a safra mundial de milho, 2017/2018, teve como principais produtores os Estados Unidos da América (EUA), com 371,0 milhões de toneladas, a China com 259,1 milhões de toneladas, o Brasil produzindo 82,0 milhões de toneladas e os demais países com uma produção de 302,1 milhões de toneladas de milho. As estimativas para a safra de 2018/2019 são de 371,5 milhões de toneladas para os EUA, 256 milhões de toneladas para a China e 94,5 milhões de toneladas para o Brasil, os demais países juntos iram produzir 317,5 milhões de toneladas de milho (FIESP 2018).

O grão do milho tem composição média de 60% de carboidratos, 10% de proteína, 4% de lipídios, o restante de minerais e vitaminas (FORNASIERI-FILHO, 2007), sendo que a proteína é constituída por albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI-FILHO, 2007).

2.2 DEMANDA HÍDRICA

A cultura do milho requer de 300 a 350 mm de água bem distribuídos ao longo do ciclo para uma produção satisfatória sem uso de irrigação (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000), sendo considerada uma cultura com ótima eficiência no uso da água, pois apresenta boa relação entre matéria seca produzida por unidade de água absorvida (MAPA, 2002). Mas devido à diferentes disponibilidades de água nos períodos críticos da cultura que varia do pendoamento ao início do enchimento de grãos as safras dos principais centros produtores variam bastante

(MATZENAUER, 1994; BERGONCI et al., 2001e BERGAMASCHI et al., 2004), por exemplo o rendimento é afetado em 20% se a lavoura passar por dois dias de “stress” hídrico, já quatro a oito dias sem água a produção cai em torno de 50%, isso se houver “stress” na fase de florescimento (MORAES, 2009).

Devido à capacidade do milho de se adaptar as diversas condições edafoclimáticas, o mesmo passou a ser plantado em todo território brasileiro (CARVALHO et al., 2006; EVANGELISTA et al., 2005). As condições climáticas, tipo de solo, a variedade e o estágio de desenvolvimento da cultura são fatores que alteram a demanda hídrica das plantas (ARAÚJO et al., 1999). Portanto, é necessário conhecer bem esses fatores nas regiões em que se pretende implantar projetos de produção de milho ou qualquer outro produto agrícola.

2.3 IRRIGAÇÃO

A irrigação assume um papel determinante para a produtividade da cultura do milho, pois deve satisfazer perfeitamente as exigências hídricas no período compreendido entre a emissão do pendão (cerca de duas semanas antes da floração) até a maturação láctea – cerosa (cerca de 5 – 6 semanas após a floração) num total de cerca 50-60 dias (BIOSEMENTES 2014).

O stress hídrico é sempre negativo para o crescimento e produtividade agrícola da cultura do milho, sendo mais prejudicial em algumas fases fenologias específicas como a floração. Nessa fase até mesmo uma carência hídrica temporária afetaria os processos de fecundação (falta de fecundação ou aborto dos óvulos), durante todo o ciclo produtivo, os turnos de irrigação do milho devem ser calculados considerando o ambiente e o solo.

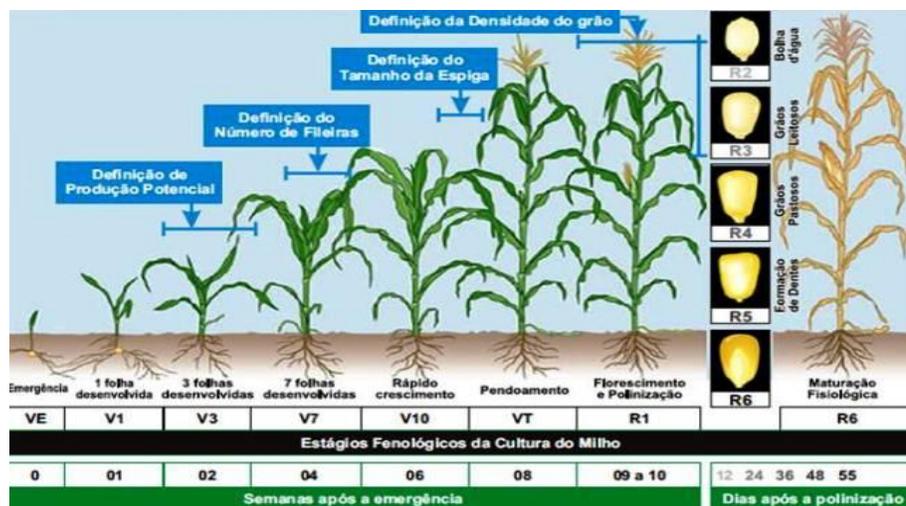
O volume de irrigação deve ser estabelecido de modo a molhar a camada superficial do solo com cerca de 0,70 m de espessura. As vantagens do uso do gotejamento no milho são diversas e de grande importância: aumenta o rendimento da cultura de 30 a 40% e economia de água cerca de 30% (BIOSEMENTES, 2014).

2.4 FENOLOGIA

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, existindo variedades extremamente precoces, em que a polinização pode acontecer 30 dias após a emergência e há variedades cujo o ciclo total de produção pode alcançar 300 dias. Nas condições edafoclimáticas brasileiras o ciclo de produção do milho fica entre 110 a 180 dias, em função principalmente das características genéticas das cultivares utilizadas no plantio. De modo que, em relação ao tempo necessário para ir do semeio à floração, as cultivares podem ser classificadas como de ciclo super precoce (60 dias), precoce (61 a 70 dias), médio (71 a 90 dias) e tardio (91 dias) (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

O ciclo da cultura pode ser dividido em cinco etapas de desenvolvimento: (I) germinação e emergência: ocorre entre a semente e o surgimento da plântula e dura entre 4 e 12 dias; (II) crescimento vegetativo: compreende desde a emissão da segunda folha, até o início do florescimento; (III) florescimento: vai do início da polinização até o início da frutificação; (IV) frutificação: é a etapa que tem início com a fecundação e o enchimento de grãos com duração variada de 40 a 60 dias; (V) maturação: período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da “camada preta” no ponto de inserção dos grãos, apresentando momento ideal para a colheita. As fases reprodutivas iniciam-se no pendoamento e vão até a maturação fisiológica (FANCELLI & DOURADO NETO 2000). Na figura 1 tem o demonstrativo da escala fenológica do milho adotada nesse trabalho.

Figura 1: Escala Fenológica do milho.



Fonte: weisman, 2008

2.5 BALANÇO HÍDRICO

O método do balanço hídrico é utilizado para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. Para sua elaboração, há necessidade de se definir o armazenamento máximo no solo (CAD – Capacidade de Água Disponível), e de se ter à medida de precipitação total, e também a estimativa da evapotranspiração potencial em cada período. Com essas três informações básicas, o balanço hídrico permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico, e o total de água retida no solo em cada período de uma determinada localidade (BERNARDO et al., 2008).

Na agricultura irrigada o balanço hídrico é aplicado na determinação de períodos com excesso ou escassez de água e principalmente na quantificação das deficiências hídricas de uma região (FIETZ et al., 2001). Analisando o balanço hídrico é possível estimar a evapotranspiração potencial (ETP), a deficiência hídrica (DEF), o excedente hídrico (EXC) e o armazenamento de água no solo (ARM).

2.6 PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

Em produção, o Brasil ocupa o terceiro lugar, além de ser consumidor e exportador de grãos, e os quatro principais estados brasileiros produtores são: Mato Grosso (27,8 milhões de toneladas e $6,2 \text{ t ha}^{-1}$), Paraná (15,09 milhões de toneladas e $6,8 \text{ t ha}^{-1}$), Goiás (9,7 milhões de toneladas e $6,8 \text{ t ha}^{-1}$) e Mato Grosso do Sul (8,9 milhões de toneladas e $5,1 \text{ t ha}^{-1}$) (CONAB, 2018).

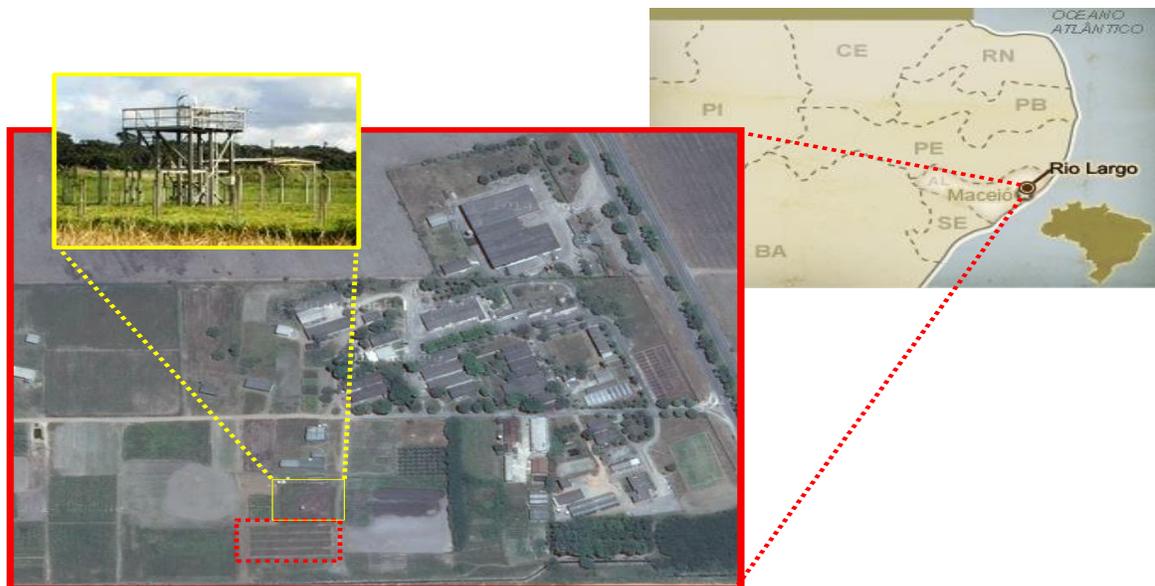
No nordeste do Brasil a média de produtividade é $2,32 \text{ t ha}^{-1}$ tendo a sua produção total de 6,17 milhões de toneladas. Essa produtividade é considerada baixa quando comparada aos quatro principais estados produtores do Brasil. Os estados nordestinos com maiores produtividades são: Maranhão $4,1 \text{ t ha}^{-1}$, Bahia $3,4 \text{ t ha}^{-1}$, Piauí $3,1 \text{ t ha}^{-1}$, e Sergipe $4,0 \text{ t ha}^{-1}$. E, a produção total desses estados são de 2,44; 1,54; 982,2 e 773,5 milhões de toneladas respectivamente. Já em Alagoas a produtividade agrícola é $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ com uma produção de 18,9 toneladas, ficando na 8ª posição no Nordeste (CONAB, 2018). A aplicação ideal de adubação e irrigação pode ser determinada com a função de produção das culturas, nas diferentes regiões do país. A técnica de função de produção é aplicada em diversas culturas (LYRA, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), em Rio Largo - AL (Figura 2). Com a cultura do milho plantado em um Latossolo amarelo distrocoeso argissólico de textura média/argilosa.

Figura 2: Local do experimento (quadro com borda vermelha tracejada) e estação meteorológica do LIA (quadro com borda amarela cheia).



Fonte: GOOGLE EARTH, 2018.

3.2 PLANTIO E TRATOS CULTURAIS

O plantio foi realizado no dia 21/11/2017, os sulcos de 8,0 m de comprimento espaçados de 0,8 m foram feitos manualmente (Figura 3 A). A adubação de fundação foi feita visando uma produtividade agrícola acima de 10 t ha⁻¹ com 115 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 192 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 3 B).

Figura 3: (A) Abertura manual dos sulcos, (B) mistura do adubo.



Fonte: Autor, 2019.

Para eliminar as plantas infestantes na área, foi procedida a aplicação de Glifosato ($4,0 \text{ L ha}^{-1}$), herbicida de ação sistêmica não seletivo (Figura 4).

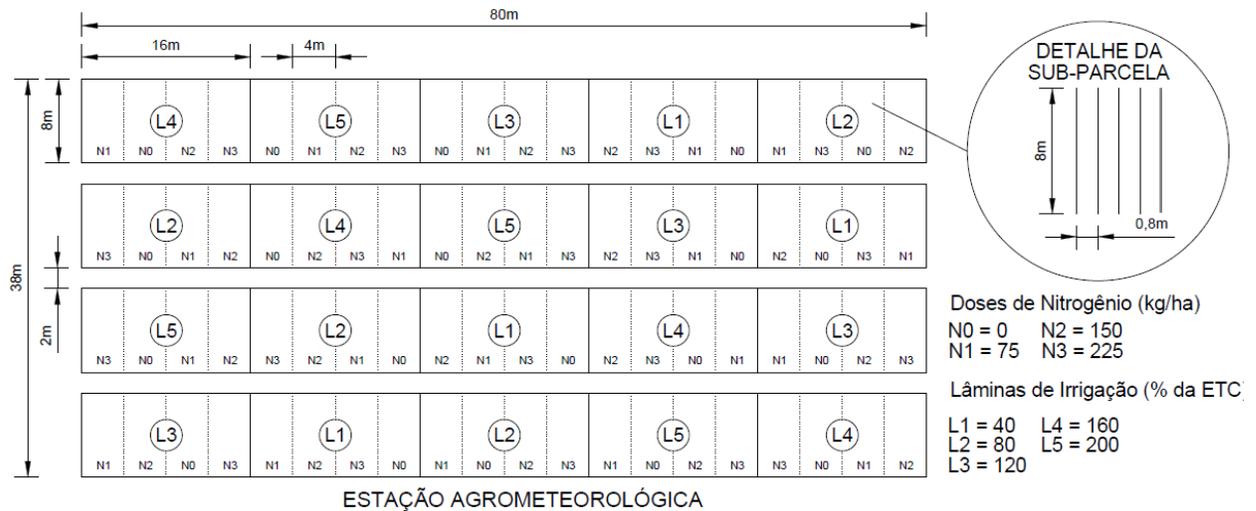
Figura 4: Aplicação de Glifosato na área do experimento.



Fonte: Autor, 2019.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, esquema de parcelas subdivididas, com nove tratamentos, cinco lâminas de irrigação (40%, 80%, 120%, 160% e 200% da evapotranspiração da cultura – ET_c) nas parcelas e quatro doses de Nitrogênio (0, 75, 150, 225 kg ha^{-1}) nas subparcelas, com quatro repetições. (Figura 5). Mas nesse trabalho de conclusão de curso (TCC) serão analisadas apenas as influencias das lâminas de irrigação.

Figura 5: Croqui do experimento.



Fonte: Autor, 2019.

A cultivar AG7088 (resistente ao glifosato) foi semeada com duas sementes a cada 0,25 m, aos 15 dias após o plantio (DAP) foi realizado desbaste deixando quatro plantas por metro (Figura 6 A) e em seguida, no mesmo dia, foi realizado a adubação nitrogenada, conforme a dose de cada tratamento das subparcelas (Figura 6 B).

Figura 6: (A) Desbaste e (B) Adubação nitrogenada.



Fonte: Autor, 2019.

O controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi realizado com o inseticida metomil 50 mL por bomba de 20 L, correspondendo a dose de $0,65 \text{ L ha}^{-1}$ e o controle de pós-emergente das plantas nativas de folha estreita foi feito com glifosato na dosagem de 500 mL/bomba de 20 L, correspondendo a dose de $6,5 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial.

3.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento superficial com fitas gotejadoras de 16 mm de diâmetro, com emissores a cada 0,20 m (uma fita por linha de plantas, Figura 7 A). Foi realizado um teste que aferiu $5,6 \text{ L}^{-1}\text{h}^{-1}\text{m}^{-1}$, resultando numa intensidade de aplicação de $7,0 \text{ mm h}^{-1}$ (Figura 7 B).

Figura 7: (A) Sistema de irrigação e (B) Teste de uniformidade do sistema de irrigação.



Fonte: Autor, 2019.

3.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA E BALANÇO HÍDRICO

Com os dados meteorológicos de ET_0 cedidos pelo laboratório de irrigação e agrometeorologia (LIA) foi calculada a ET_C pela multiplicação da ET_0 pelo coeficiente da cultura (K_C) definido por ELLEN et al. (1998). O balanço hídrico da cultura foi feito pelo método de TORNTHWAITH & MATHER (1955).

Foram avaliadas cinco lâminas de irrigação através do balanço hídrico, com base na lei de conservação das massas, através da determinação da evapotranspiração, precipitação pluvial, irrigação, escoamento superficial, ascensão capilar e variação de armazenamento de água no solo.

Para este trabalho foi calculada a capacidade de água disponível (CAD, mm) para cada fase da cultura (equação 1) desenvolvida em função da profundidade efetiva do sistema radicular (Z), que varia de 0,1 a 0,6 m entre a emergência e a fase de senescência (RITCHIE et al., 2003). Os valores da umidade a base de volume na capacidade de campo ($\theta_{cc}=0,244 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e ponto de murcha permanente ($\theta_{pmp}=0,147 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) foram determinados pela curva de retenção de água no solo (CARVALHO, 2003).

$$CAD = 1.000(\theta_{cc} - \theta_{pmp})z \quad (1)$$

3.5 FENOLOGIA

A fenologia do milho foi feita de acordo com a escala proposta por FANCELLI & DOURADO NETO (2004) & MAGALHÃES et al., (2006). A escala fenológica do milho divide o desenvolvimento da planta em vegetativo (V) e reprodutivo (R) (Tabela 1) com as subdivisões dos estádios vegetativos determinadas numericamente como V1 até o Vn, em que n, representa a última folha completamente desenvolvida antes do pendoamento (Vt) (MAGALHÃES et al., 2006).

Tabela 1: Escala fenológica do milho.

VEGETATIVO	REPRODUTIVO
VE - Emergência;	R1 - Florescimento;
V1 - Primeira folha desenvolvida;	R2 - Grão leitoso;
V2 - Segunda folha desenvolvida;	R3 - Grão pastoso;
V3 - Terceira folha desenvolvida;	R4 - Grão farináceo;
Vn - Enésima folha desenvolvida;	R5 - Grão farináceo duro;
Vt - Pendoamento.	R6 - Maturidade fisiológica.

Fonte: Ritchie et al., (1989).

Com o objetivo de estudar o desenvolvimento das planta a fenologia foi feita por meio de observações diárias para verificar a data das mudanças das características fenológica dos estágios de desenvolvimento das plantas.

3.6 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ALTURA DO DOSSEL

O índice de área foliar (IAF) foi calculado pela equação 2.

$$IAF = \frac{AF * NP}{c * H} \quad (2)$$

Em que: AF é a área foliar média por planta (m^2); N_p é o número de planta por metro linear; ϵ é o espaçamento médio entre linhas (m); e H é o comprimento da linha de contagem dos perfilhos (m).

A área foliar foi determinada pela equação $AF = 0,75 C L (N+2)$, conforme a metodologia de HERMANN & CÂMARA (1999), em que 0,75 é o fator de correção de forma das folhas de milho, C é o comprimento da “folha +3” (m); L a largura da “folha +3” (m); e N o número de folhas fotossinteticamente ativas.

A altura do dossel foi medida em cinco plantas das três linhas centrais de cada sub parcela a cada 15 dias, medindo da base da planta até a última folha completamente desenvolvida.

3.7 PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

A colheita foi realizada no dia 23/03/2018 e a massa de grãos por espiga foi determinada pela massa média de 40 espigas por parcela de $9,6 m^2$. A produtividade agrícola foi estimada com massa de grãos colhidos em 12 linhas de 4 metros, com espaçamento de 0,8 m ($38,4 m^2$) da área útil de cada parcela, conforme a equação 3.

$$Y = \frac{M}{C.E} 10.000 \quad (3)$$

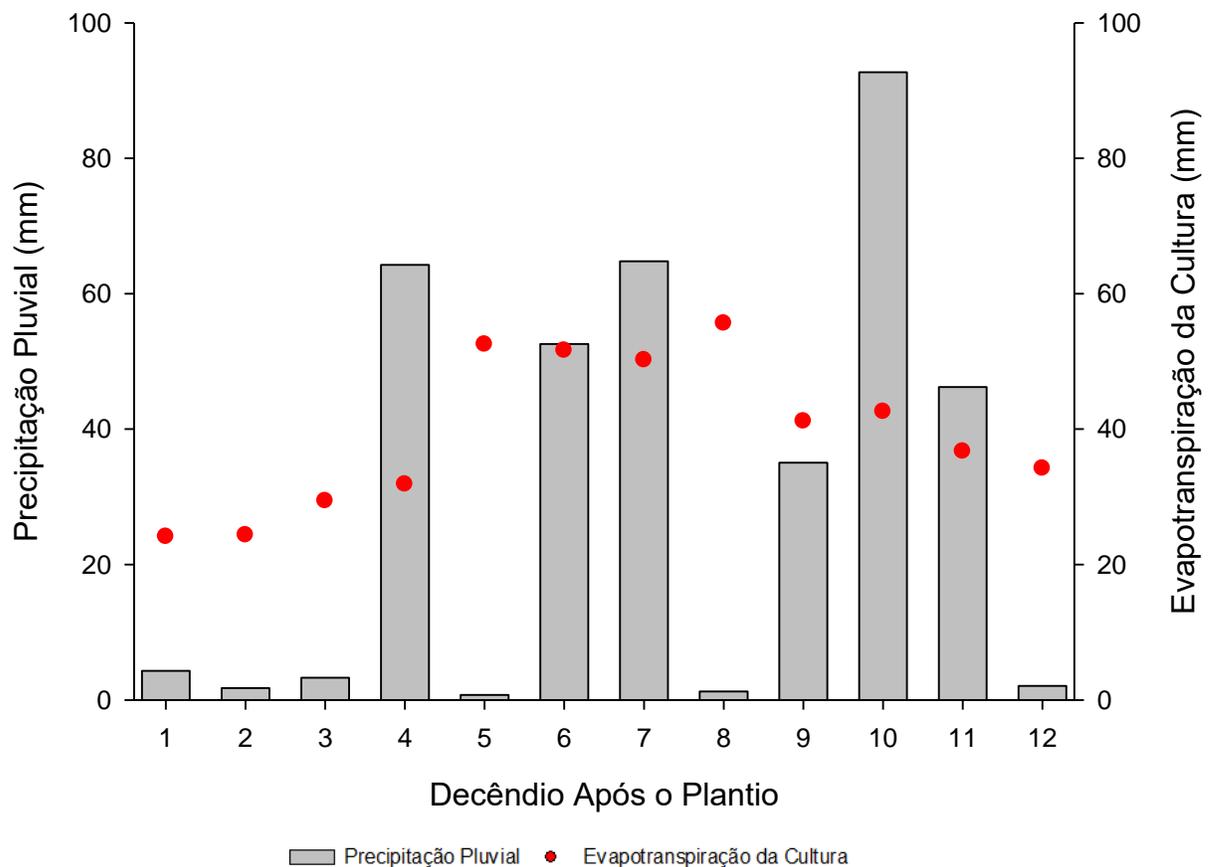
Em que Y é a produtividade agrícola ($kg ha^{-1}$), M é a massa colhida na área amostrada (kg), C é o comprimento total das linhas colhidas (m) e E é o espaçamento entre linhas (m).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA E PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

A precipitação pluvial total durante o ciclo de produção da cultura, de 21/11/2017 a 09/03/2018, foi 369,3 mm, variando de 0,8 mm, no quinto decêndio após o plantio, a 92,7 mm, no décimo decêndio, média de 30,8 mm por decêndio. Nesse mesmo período, a ET_C foi 485,7 mm, com valor máximo de 55,6 mm, observado no oitavo decêndio (Figura 8). A ET_C foi 116,4 mm acima do que choveu mas a deficiência foi ainda maior por causa das irregularidades que provocaram excessos hídricos como no décimo decêndio após o plantio quando choveu 92,7 mm em 4 dias.

Figura 8: Precipitação pluvial (chuva) e evapotranspiração da cultura (ET_C) do milho em Rio Largo, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.



Fonte: Autor, 2019.

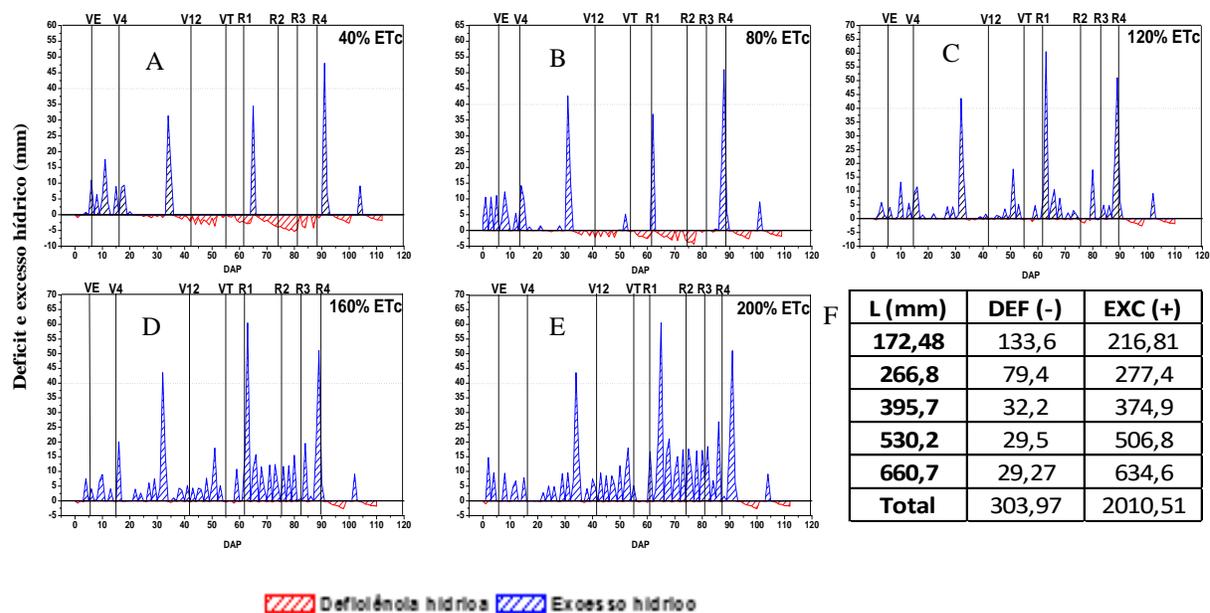
4.2 BALANÇO HÍDRICO

A lâmina de irrigação total aplicada no tratamento 1 ($L_1 = 40\% ET_C$) foi 172,48 mm, e nesse tratamento houve deficiência hídrica de 133,6 mm e excesso de 216,81 mm (Figura 9 A). No tratamento L2 ($80\% ET_C$) a deficiência hídrica foi 79,4 mm e o excesso de 277,4 mm (Figura 9 B).

No tratamento L3 ($120\% ET_C$) teve déficit hídrico de 32,2 mm e excesso de 506,8 mm, tendo um pequeno déficit entre os 70 e 80 dias após o plantio (DAP) de 4,7 mm (Figura 9 C). As lâminas L4 ($160\% ET_C$) e L5 ($200\% ET_C$), tiveram as lâminas de irrigações totais correspondente a 530,2 e 660,7 mm e acumularam deficiência hídrica de 29,5 e 29,3 mm e excesso hídrico de 506,8 e 634,6 mm (Figura 9 D e E).

Os déficits hídricos ocorridos nos tratamentos L4 e L5 não interferiram no crescimento e produtividade da cultura do milho porque aconteceu depois dos 90 dias após o plantio (DAP), quando a cultura já estava na fase de grãos farináceo (os grãos já estavam formados e cheios).

Figura 9: Balanço hídrico da cultura do milho irrigado com 40% ET_C , (B) 80% ET_C , (C) 120% ET_C , (D) 160% ET_C , (E) 200% ET_C , no período de 19/11/2017 a 11/03/2018 e (F) quadro com os valores de déficit (DEF) e excesso (EXC) hídrico, em Rio Largo – AL.



Fonte: Autor, 2019.

4.3 FENOLOGIA

O desenvolvimento das plantas foi avaliado com base nos dias após o plantio (DAP). A fase vegetativa teve início a partir da emergência (VE), aos 4 DAP, encerrando no pendoamento (VT), este período compreendeu aproximadamente 49 DAP. A polinização ocorreu aos 55 DAP, e a maturação fisiológica aos 106 DAP (Tabela 2), fechando o ciclo da cultura. A duração das fases fenológicas de uma cultura, avaliada pelo número de dias, varia entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das variações climáticas, como umidade relativa, temperatura do ar e do solo, chuva, radiação solar e fotoperíodo (COSTA, 1994).

Tabela 2: Estádio fenológico, dias após o plantio (DAP), tempo para ocorrência do estágio fenológico (t), altura média das plantas (A), em Rio Largo - AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.

Estádio fenológico	Data	Dias após o plantio (DAP)	t (Dias)	A (m)
Plantio	21/11/17	-	-	-
Emergência (VE)	25/11/17	4	4	-
Folhas (V4)	05/12/17	10	6	0,66
Folhas (V8)	22/12/17	27	17	0,84
Folhas (12)	31/12/17	36	9	1,27
Emissão do pendão (VT)	13/01/18	49	13	1,82
Polinização (R1)	19/01/18	55	6	2,04
Grão leitoso (R3)	01/02/18	68	7	2,38
Grão pastoso (R4)	08/02/18	75	7	2,47
Formação dos dentes (R5)	15/02/18	82	11	2,51
Grão duro	26/02/18	93	13	2,55
Matura. Fisiológica (R6)	09/03/18	106	-	-

Fonte: Autor, 2019.

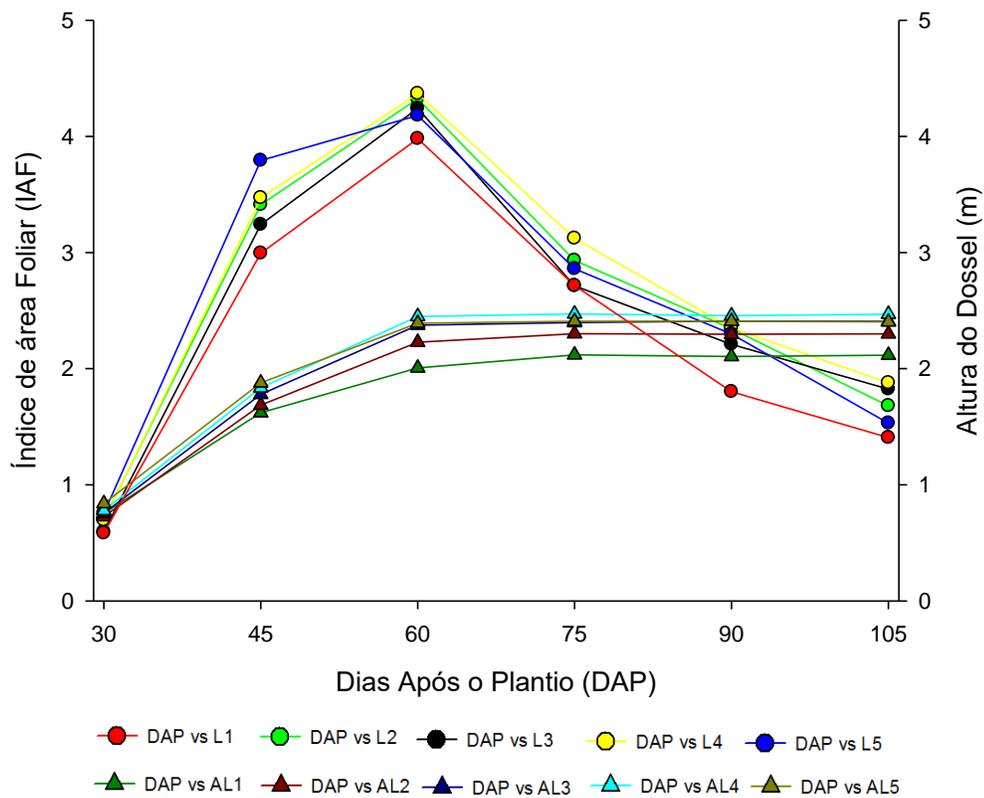
4.4 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E ALTURA DO DOSSÉL VEGETATIVO

Os índices de área foliares (IAF's) máximos observados nos tratamentos L1, L2, L3, L4, L5 foram 3,98; 4,32; 4,24; 4,36; 4,18, tendo um aumento entre as lâminas L1 e L2 de 0,34, diminuindo no tratamento L4 para 0,18, demonstrando que o excedente do tratamento L5 provocou estresse hídrico na cultura do milho. As cinco lâminas de irrigação tiveram média geral do índice de área foliar de 4,21, (Figura 10). Esses valores foram observados em torno dos 60 DAP. SANTOS

et al. (2015) obtiveram resultados máximo de índice de área foliar (IAF) semelhantes ao tratamento L1 (80 % ET_C), com valor máximo de 3,7, analisando o índice de área foliar e produtividade do milho cultivado sob diferentes disponibilidades hídricas no município de Rio Largo - AL.

A altura máxima do dossel vegetativo foi atingida aos 75 DAP com os respectivos valores 2,1; 2,3; 2,3; 2,4, 2,3, nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5, na mesma ordem, com a média geral de 2,3 m entre os tratamentos (Figura 10).

Figura 10: Índice de área foliar (IAF) e altura do dossel vegetativo da cultura do milho irrigado com cinco lâminas de irrigação (40, 80, 120, 160, 200 % da evapotranspiração da cultura) em Rio Largo – AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.



Fonte: Autor, 2019.

BARBOSA (2017) encontrou resultados semelhantes avaliando milho cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada nos tabuleiros costeiros de Alagoas,

observando altura do dossel máxima de 2,4 m e mínima de 2,3 m, valores semelhantes ao da pesquisa.

Tabela 3: Equações polinomiais do segundo grau utilizadas para estimar o crescimento máximo (L máx.) e a lâmina de máxima eficiência do IAF e Alt. Dossel, do milho híbrido AG7088, sob diferentes lâminas de irrigações: 172 (L1), 267 (L2), 396 (L3), 530 (L4), 661(L5) mm.

Variável	Equação	R ² (%)
IAF	L1=-4,3537*+0,2303** x-0,0017**x ²	0,8650
IAF	L2= -4,5469*+0,2455**x-0,0018**x ²	0,8689
IAF	L3= -4,2789*+0,2298**x-0,0017**x ²	0,8301
IAF	L4= -4,5469*+0,2455**x-0,0018**x ²	0,8689
IAF	L5= -4,2490*+0,2409**x-0,0018**x ²	0,8518
ALT. Dossel	L1= -1,1075**+0,0789**x-0,0005**x ²	0,9831
ALT. Dossel	L2= -1,4904**+0,0933**x-0,0006**x ²	0,9841
ALT. Dossel	L3= -1,5968**+0,0993**x-0,0006**x ²	0,9791
ALT. Dossel	L4= -1,6493**+0,1027**x-0,0006**x ²	0,9791
ALT. Dossel	L5= -1,5968**+0,0993**x-0,0006**x ²	0,9806

**significativo a nível de 1%, *significativo a nível de 5% pelo teste F.

Fonte: Autor, 2019.

4.5 PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

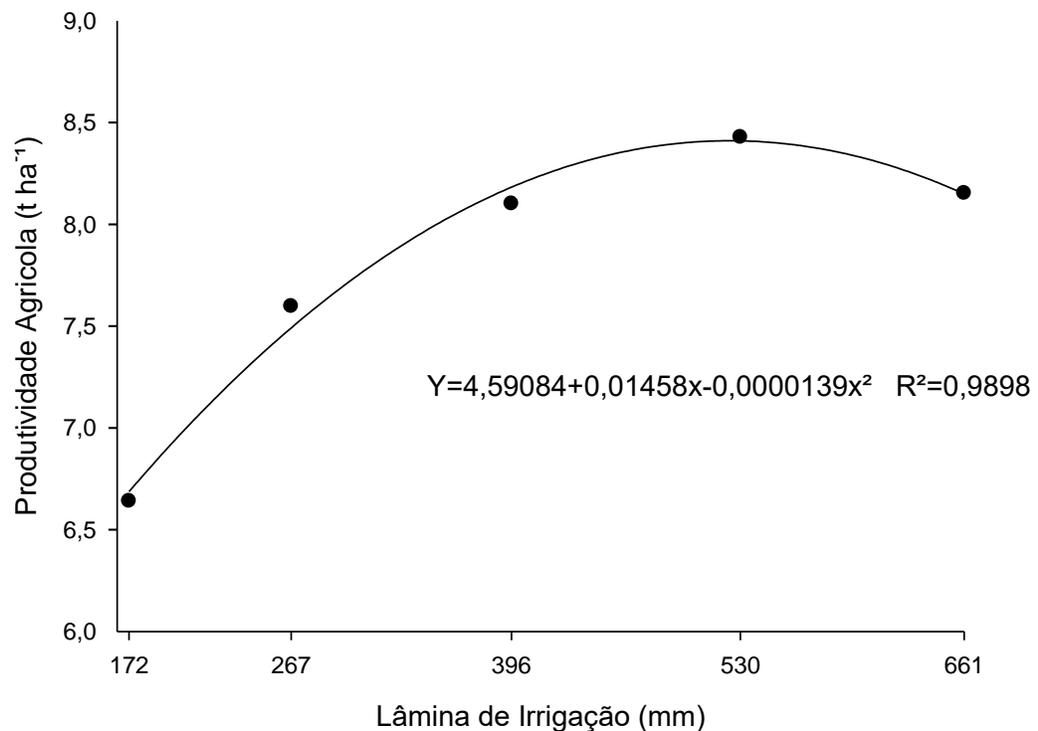
A curva de rendimento agrícola em função das lâminas de irrigação está na Figura 11, com coeficiente de determinação (R²) igual a 0,98. A produtividade agrícola sob lâminas de irrigação variou de 6,6 t ha⁻¹ na L1 a 8,4 t ha⁻¹ na L4 (Figura 11), com média geral de 7,8 t ha⁻¹.

Nos tratamentos L2, L3 e L5, os rendimentos agrícolas foram 7,6; 8,1 e 8,1 t ha⁻¹. Houve efeito significativo (p≤ 0,01) Tabela 4, para as lâminas de irrigação. A produtividade física máxima estimada por função de produção foi de 8,4 t ha⁻¹, obtida com uma lâmina de 498 mm (Figura 11), correspondente a aproximadamente 160 % da evapotranspiração da cultura (ET_C).

A produtividade agrícola física máxima superou a média nacional (4,8 t ha⁻¹), na safra 2017/2018 (CONAB, 2018), em aproximadamente 75 %, mostrando um incremento na produtividade agrícola de 3,6 t ha⁻¹, com a aplicação da lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura de 498 mm.

As exigência hídrica do milho pode variar de 380 a 550 mm, dependendo das condições climáticas. Pois em caso de ocorrência de estresse hídrico, durante o embonecamento, pode ocasionar redução de 40 a 50 % na produtividade da cultura. (ALBUQUERQUE, 2010).

Figura 11: Produtividade agrícola (t ha⁻¹) do milho híbrido AG7088, sob diferentes lâminas de irrigação em de Rio Largo – AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.



Fonte: Autor, 2019.

Santos et al. (2015), analisando o índice de área foliar e produtividade do milho cultivado sob diferentes disponibilidades hídricas em quatro épocas de plantio, obtiveram a produtividade mínima de 5,7 t ha⁻¹ e máxima de 6,4 t ha⁻¹ em Rio Largo – AL, tendo uma produtividade agrícola máxima semelhante a produtividade do tratamento 1 (L1= 80% ET_C).

Tabela 4: Quadrados médios pela análise da variância dos efeitos de irrigação, no milho híbrido AG 7088 na região de Rio Largo – AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.

Fontes de Variação	GL¹	Valores de quadrados médios²
Lâminas de irrigação (L)	4	7,973702**
Bloco	3	2,420853 ^{ns}
L x B	12	1,610166
Resíduo 2	60	3,046969
Total	79	-
CV1 (%)	18,76	
Média geral	7,78	

1 Graus de liberdade; 2**Significativo à nível de 1%; *significativo à nível de 5%; ns não significativo, pelo teste F.

Fonte: Autor, 2019.

5. CONCLUSÃO

Durante o ciclo de produção da cultura do milho na região de Rio Largo, AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018 houve deficiência hídrica porque choveu 116,4 mm menos do que a evapotranspiração da cultura e parte da chuva que cai em excesso é perdida por escoamento superficial e/ou percolação;

O índice de área foliar máximo do milho irrigado é 4,36, a altura do dossel vegetativo máxima é 2,4 m observado no tratamento com a lâmina de irrigação de 530,2 mm. Esses valores são observados aos 60 e 75 dias após o plantio, respectivamente;

A produtividade física máxima do milho irrigado é 8,4 t ha⁻¹ obtida com 498 mm de irrigação, equivalente a cento e sessenta por cento da evapotranspiração da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Manejo de irrigação na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 6ª edição Set./2010.

ALLEN, R.G. et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, v. 81, n. 4, p. 650-662, 1989.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. **Irrigação e adubação nitrogenada em milho**. Scientia Agrícola, Piracicaba. v.56, n.4. p.909-914. 1999.

BARBOSA. W. S. S, **Milho Cultivado sob Diferentes Lâminas de Irrigação e Adubação nitrogenada**. Rio Largo, 2017. 115p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas.

BERGAMASCHI, H. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 243-249, fev. 2006.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.I.; BERGONCI, J. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.9, p.831-839, set. 2004. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/0D/pab/v39n9/22025.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BERGONCI, J.I. et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.949-956, 2001.

BIOSEMENTES. Irrigação de milho por gotejamento. Produtividade maximizada – 2014. Disponível em: <https://www.biosementes.com.br/loja/news/7/Irigacao-de-Milho-por-gotejamento.-Produtividade-maximizada.html>.

BRITO, M. E. B. et al. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.29, n.5, p.1244-1254, Sept./Oct., 2013.

CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p.143-170.

CARVALHO, O. M: Classificação e caracterização físico-hídrica de solos de Rio Largo cultivados com cana-de-açúcar. 2003. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2018. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. v. 5 - Safra 2017/18, n. 7 – Sétimo levantamento, Brasília, p. 1-144, abril 2018.

COSTA, A. F. S. da. Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio. Viçosa, 1994. 109p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. Brasília, DF: Embrapa - SPI; Itaguaí: Embrapa-CNPAB, 1995. 60 p.

EVANGELISTA, A. R. et al. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (LAM.) DEWIT). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

FANCELI, A. L., DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba - RS; Livraria e editora agropecuária. 2000. 359p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A, L; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.21-54.

FERREIRA, J. R. A. et al. Eficiência no uso da Radiação do Milho sob Diferentes Coberturas de Solo. In: Xv Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo. Anais. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008.

FIESP – Federação das Industrias dos Estado de São Paulo. 8º levantamento do USDA – Safra 2018/2019. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20181212132426-boletimmilhodezembro2018/>.

FIETZ, C. R.; URCHEI, M. A.; FRIZZONE, J. A. Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.558-562, 2001.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

LOZADA, B. I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para a estimativa do subperíodo da sementeira à floração de um híbrido de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p.31- 36, 1999.

LYRA, G. B. et al. Crescimento e produtividade do milho, submetido a doses de nitrogênio nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.4, p. 578-586, 2014.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 10 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 76).

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>. Acesso em: 22 de julho de 2002.

MATZENAUER, R. Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. 1994. 172p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MEDEIROS, R. P., Radiação solar e água em quatro épocas de cultivo de milho de sequeiro (*zea mays L.*), na região agreste de alagoas. 2009. 78p. (Dissertação mestrado em agronomia);

MOURA M. S. B. et al. Efeito da lâmina de irrigação na produtividade do feijão-caupi no semi-árido brasileiro. XXXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA Juazeiro (BA)/Petrolina (PE), 2009.

- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; REZENDE, A. M. Entraves da comercialização à competitividade do milho brasileiro. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.104, p.23-40, 2003.
- RESENDE, M. et al. Caracterização morfológica das plantas de milho de diferentes ciclos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, Goiânia. Anais: ABMS, 2000. p.190.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta do milho se desenvolve. POTAFOS, Piracicaba, 2003. 20 p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, n.15).
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. 21 p. (Special Report n. 48).
- SANTOS, L. R. et al. Índice de Área Foliar e Produtividade do Milho Cultivado sob Diferentes Disponibilidades Hídricas. II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2015. p.5.
- SCHITTENHELM, S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. **European Journal Agronomy**, Córdoba, v. 29, n. 2, p. 72-79, 2008.
- SHIEH, W. J.; McDONALD, M. B. **The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality**. **Seed Science and Technology, Zurich**, v. 10, n. 2, p. 307-313, 1982.
- SOUZA, J. L. et al. **Análise da Precipitação Pluvial e Temperatura do Ar na Região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, Período 1972-2001**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 131-141, 2004.
- THORNTWAITE, C. W. MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Ceteron, NJ: rexel institute of technology-Laboratory, 1955. 311p. (Publications in Climatology, vol. 10, n.3).

WEISMANN, M. Fases de desenvolvimento da cultura do milho. In: TECNOLOGIA e produção milho safrinha e culturas de inverno 2008. 4. ed. Maracajú: Fundação MS, 2007. p. 31-38. Disponível em: Acesso em: 23 out. 2016.