



**Universidade Federal de São Carlos -UFSCar**  
**Centro de Ciências Agrárias – *campus* Araras**



**André Luís Coral**

***Avaliação do milho safrinha irrigado por  
gotejamento***

**Universidade Federal de São Carlos**

**Centro de Ciências Agrárias**

**Curso de Engenharia Agrônômica**

***Avaliação do milho safrinha irrigado por  
gotejamento***

**Trabalho final de graduação (TFG), apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica, da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.**

**Acadêmico: André Luís Coral**

**Orientador: Prof. Dr. Douglas Roberto Bizari**

## **Lei do Sucesso**

**"Para um bom ganhador não existem derrotas  
Para quem escolheu ser um vencedor, tudo tem um proveito  
Não existem perdas, apenas fins de ciclos  
Não existem tombos, apenas mudanças  
Não existem inimigos, apenas pessoas diferentes  
Não existem problemas, apenas chances de exercitar  
Não acontecem desgraças, apenas chamas passageiras  
Não há orgulho ferido, apenas lições de vida  
Não existem comodismos, apenas rápidos descansos  
Não existem os fracassos, apenas o sucesso dos outros  
Não existem competições, apenas os outros debatendo-se...  
Nas leis do sucesso, só vale quem acredita que nasceu para vencer  
Porque "a vida só leva para o futuro quem sabe viver..."**

**(Autor desconhecido)**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria primeiramente de agradecer a Universidade Federal de São Carlos - Campus Araras, a todos os funcionários, que fazem a formação de uma grande universidade, e garantindo a formação de grandes profissionais.

Ao meu Professor orientador Douglas Bizari, pela oportunidade de integrar ao grupo de estudos GETI, aprimorando muito meu conhecimento na área de irrigação e aos projetos que tive oportunidade de acompanhar.

Á empresa NaanDanJain, pelo apoio e suporte técnico sempre que precisamos, pela doação de todo o material de irrigação para a realização do projeto, e pelas oportunidades de estágio que foram concedidas aos integrantes do grupo.

Aos integrantes do grupo GETI, que sempre me apoiaram e me auxiliaram a realizar esse trabalho, especialmente ao Emerson Costa Jorge, pelas longas coletas e serviços realizados durante do experimento.

Aos meus queridos Pais e familiares, pelo apoio nesta etapa da vida, sempre me confortando e auxiliando nas horas difíceis.

Á minha namorada, pelo apoio, companheirismo, paciência, sempre me apoiando nas decisões, e ajudando-me a concluir a faculdade.

## **RESUMO**

O milho (*Zea Mays L.*) é uma das culturas mais exploradas economicamente no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial. O seu cultivo como safrinha, no país, vem se tornando cada vez mais comum em todas as regiões, porém, um dos fatores limitantes do seu plantio é a ocorrência de veranicos, prejudicando a sua produtividade. Assim, a utilização de sistemas de irrigação vem se tornando vantajosa, uma vez que a cultura do milho para se desenvolver adequadamente, necessita de grande quantidade de água em diferentes estágios da planta. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento e a produtividade do milho safrinha em sistema irrigado por gotejamento e na condição de sequeiro. O experimento foi realizado na UFSCar- Araras, em uma área de 40 x 35m, com 34 linhas de plantio, sendo 17 irrigadas e 17 não irrigadas. A aplicação da água foi feita por tubos gotejadores autocompensantes modelo TOPDRIP de polietileno com vazão de 1.0 Litro/hora, espaçamento de 0,30m e pressão de serviço de 1.4 bar. Para o monitoramento da umidade do solo foram instaladas duas baterias de tensiômetros (20 e 40 cm de profundidade). Foram realizadas avaliações da altura da planta, diâmetro do caule e comprimento da terceira folha e também o diâmetro da espiga, peso, comprimento, peso de 1000 grãos, número de grãos por espiga e produtividade de grãos. As plantas irrigadas apresentaram um maior desenvolvimento vegetativo e maior qualidade e produtividade de grãos que as plantas cultivadas em sequeiro.

**Palavras-chave:** biometria; sistema de irrigação localizada; produtividade.

## **ABSTRACT**

Corn (*Zea Mays* L.) is one of the most economically exploited crops in the world, Brazil being the third largest producer and second largest exporter in the world. Its cultivation as a off-season in the country has become increasingly common in all regions, however, one of the limiting factors for its planting is the occurrence of dry period in summer, harming its productivity. Therefore, the irrigation systems use has become advantageous, since the corn crop to develop properly needs a large amount of water in different plant stages. The objective of this work was to evaluate the development and productivity of off-season corn irrigated by drip system irrigation and non-irrigated. The work has been carried out at Ufscar- Araras, in area of 40 x 35m, with 34 planting lines, being 17 irrigated and 17 non-irrigated. The water application has been made by self-compensating driplines, model Top Drip, flow of 1 Liter per hour, spacing of 0.30m and operating pressure of 1.4 bar. The soil moisture measurement, has been accomplished by tensiometers installed at two depts. Plant height, stem diameter and third leaf length were evaluated, as well as the diameter of the ears of corn, weight, length, 1000 grain weight, number of grains per ear and grain yield. The irrigated plants have been shown a greater vegetative development, quality and grain yield than the non-irrigated plants.

**Keywords:** biometrics; drip system irrigation; productivity.

## Sumário

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	8
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	9
<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....	10
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
2.1. Cultura do milho.....	11
<b>3. OBJETIVO.</b> .....	13
3.1. Objetivo geral.....	13
3.2. Objetivos específicos.....	13
<b>4. MATERIAIS DE MÉTODOS</b> .....	14
4.1. Tratos culturais (Preparo do solo) .....	14
4.2. Delineamento experimental.....	15
4.3. Plantio .....	16
4.4. Adubação.....	16
4.5. Aplicação de inseticidas .....	17
4.6. Irrigação e seu Manejo .....	18
4.7. Avaliações .....	21
4.7.1. Avaliação de desenvolvimento vegetativo (Fase V) .....	21
4.7.2. Avaliação de desenvolvimento Reprodutivo (Fase R) .....	21
4.8. Análise estatística.....	22
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1. Pluviosidade .....	23
5.2. Temperatura média diária.....	23
5.3. Precipitação e irrigação Umidade do solo.....	25
5.5. Análise dos componentes de produtividade do milho safrinha .....	29
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	31
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	32

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fases de desenvolvimento do milho. VE, V1, V3, V7, V10, VT: fases de desenvolvimento de vegetativo da cultura. R1, R2, R3, R4, R5 E R6: fases da formação da espiga. (Fonte: AGANYTIME 2018 <a href="http://www.aganytime.com">http://www.aganytime.com</a> ).....	12
<b>Figura 2.</b> Vista da área experimental onde foi realizado o experimento. UFSCar, 2017. Fonte: arquivo pessoal.....	14
<b>Figura 3.</b> Aplicação de calcário na área do experimento. UFSCar- Araras 2018. ....	15
<b>Figura 4.</b> Croqui da área do experimento. Linhas azuis: tratamentos irrigados. Linhas vermelhas: tratamentos sem irrigação. Linhas brancas: linhas plantadas sem avaliação. Linha verde: linha principal irrigação. Fonte: arquivo pessoal. ....	16
<b>Figura 5.</b> Aplicação de adubo NPK, no plantio do milho e na cobertura. UFSCar-Araras, 2018.....	17
<b>Figura 6.</b> Aplicação de inseticida Certero® para o combate de lagarta-do-cartucho, apenas nas linhas de plantio do milho. UFSCar-Araras, 2018. Fonte: Arquivo pessoal. ....	18
<b>Figura 7.</b> Instalação dos tensiômetros nas profundidades de 20 e 40 cm, e modelo de instalação do tensiômetro. UFSCar Araras, 2018. Fonte: Arquivo pessoal e AZEVERO Juscelino. Tensiometro: dispositivo pratica para controle da irrigação. EMBRAPA-SP 1999.....	19
<b>Figura 8.</b> Instalação dos tubos gotejadores nas linhas sorteadas para irrigação. UFSCar- Araras, 2018. Fonte: Arquivo pessoal.....	20
<b>Figura 9.</b> Foto das plantas em plantio adensado e detalhe da espiga em formação. UFSCar Araras, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	21
<b>Figura 10.</b> Temperatura média do ar durante o experimento. Fonte: estação meteorológica UFSCar-Araras, 2019. ....	24
<b>Figura 11.</b> Gráfico referente ao nível de precipitação e irrigação durante o período do experimento. UFSCar, 2019. Fonte: Arquivo pessoal. ....	26
<b>Figura 12.</b> Altura das plantas com e sem irrigação das quatro avaliações realizadas durante o ensaio (15 30, 45 e 60 DAP). Fonte: arquivo pessoal.....	27
<b>Figura 13.</b> Diâmetro do caule com e sem irrigação nas quatro avaliações realizada durante o ensaio (15 30, 45 e 60 DAP). Fonte: arquivo pessoal. ....	28
<b>Figura 14.</b> Tamanho da terceira folha com e sem irrigação nas quatro avaliações realizadas durante o ensaio (15 30, 45 e 60 DAP). Fonte: arquivo pessoal. ....	28
<b>Figura 15.</b> Qualidade da mesma quantidade de grãos (1000), sem irrigar (A) e com irrigação (B). 2019. Fonte: arquivo pessoal.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo na profundidade de 0 cm a 40 cm (CCA-UFSCar, 2018).....	14
<b>Tabela 2.</b> Relações entre o potencial matricial e a umidade do solo da área experimental para as profundidades de 20 e 40 cm.....	19
<b>Tabela 3.</b> Médias dos parâmetros altura da planta, comprimento da terceira folha e diâmetro do caule aos 60 DAP. ....	26
<b>Tabela 4.</b> Médias das características de produtividade avaliadas nos tratamentos com e sem irrigação. ....	29

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O milho (*Zea Mays L.*) é uma planta pertencente à família Poaceae e é uma das culturas mais exploradas no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador (PEIXOTO, 2014). Sua importância não se restringe somente à extensa área cultivada (15.82 mil hectares), mas também pela sua utilização como principal fonte de energia na alimentação humana e animal, 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).

O milho é uma planta com metabolismo fotossintético pertencente ao grupo C4, com elevado potencial produtivo devido a sua eficiência do uso da luz solar. A cultura tende a mostrar o seu máximo potencial de produção quando sua área foliar está exposta a maior radiação solar, mas isso ocorre desde que não haja déficit hídrico durante o período da pré-floração até o enchimento dos grãos. (BERGAMASCHI et. Al., 2004)

A água é um dos fatores de produção das culturas agrícolas que mais interfere 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 outra 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 esta necessidade não é plenamente suprida pela chuva deve ser complementada por meio da irrigação.

A utilização do sistema de irrigação por gotejamento em culturas anuais está crescendo, pois apresenta inúmeras vantagens, como redução da quantidade de água aplicada e do uso de fertilizantes, economia de mão de obra, redução dos gastos com energia, e possibilidade de automação (BOAS et al., 2011). Apesar disso, tem sido pouco utilizado para a irrigação da cultura do milho verde no Brasil o que motivou a realização deste trabalho, que tem objetivo avaliar o desempenho e produtividade desta cultura quando submetida à irrigação por gotejamento superficial.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

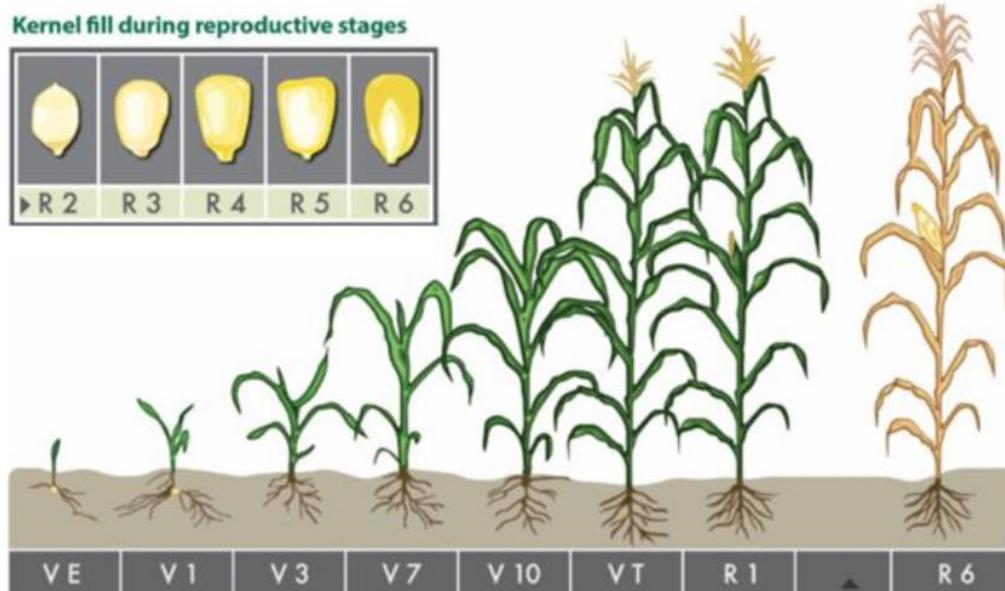
### 2.1. Cultura do milho

O milho é uma planta com metabolismo fotossintético pertencente ao grupo C4, o qual possui um grande potencial produtivo, devido a sua eficiência do uso da luz solar. Assim, a cultura tende a mostrar o seu máximo potencial de produção quando sua área foliar recebe maior radiação solar, mas isso ocorre desde que não haja déficit hídrico durante o período da pré-floração até o enchimento dos grãos. (BERGAMASCHI et. Al., 2004)

Sobre a fenologia da cultura, pode descrever o ciclo do milho de acordo com as diferentes etapas de seu desenvolvimento:

- **Germinação e emergência:** período compreendido entre a semeadura e o aparecimento da plântula acima do solo.
- **Crescimento vegetativo:** período compreendido entre o aparecimento da primeira folha verdadeira até o início do florescimento. Esta etapa apresenta variações, as quais são caracterizadas pelo número de folhas.
- **Florescimento:** período entre a abertura da flor masculina (pendão) e plena fecundação (início da formação dos grãos).
- **Frutificação:** período que se estende após a fecundação até o enchimento completo dos grãos. A fase de enchimento dos grãos é caracterizada por diferentes estádios, dependendo do grau de desenvolvimento dos mesmos.
- **Maturidade fisiológica:** período final da frutificação o qual é caracterizado pelo aparecimento do “ponto preto” no grão. (BERGAMASCHI, et. Al., 2004)

Na figura 1 está apresentado o ciclo fenológico do milho desde sua fase vegetativa inicial (VE), onde ocorre a emergência dos cotilédones da planta até a sua fase reprodutiva final (R6), que representa a maturidade fisiológica, caracterizando o momento ideal para a colheita. (BERGAMASCHI, et. Al., 2004)



**Figura 1.** Fases de desenvolvimento do milho. VE, V1, V3, V7, V10, VT: fases de desenvolvimento de vegetativo da cultura. R1, R2, R3, R4, R5 E R6: fases da formação da espiga. (Fonte: AGANYTIME 2018 <http://www.aganytime.com>).

## 2.2. Consumo de água das plantas do milho

O milho é uma cultura que, sob déficit hídrico causado pelas variações climáticas, obtém respostas diferentes de produtividade podendo ser maior ou menor, de acordo com a época e intensidade do déficit (BERGAMASCHI e CUNHA, 1992). Normalmente, é cultivado em regiões com precipitação que varia de 300 a 5000 mm anuais, cuja média de água consumida durante o ciclo é de 600 mm. De acordo com DOORENBOS e KASSAN, 1994, o milho de ciclo médio requer 500 a 800 mm de água, dependendo do clima, para uma boa produção.

Segundo DURÃES e MAGALHÃES, 2006, o efeito da água sobre a produtividade final é de extrema importância, podendo chegar a grandes perdas se houver estresse hídrico em algumas fases da planta. Sendo elas, principalmente, iniciação floral, período de fecundação e enchimento dos grãos. Estima-se uma perda de 20 a 50% na produção se a planta passar por um estresse hídrico durante a sua floração, quando o número de grãos por espiga é pré-determinado. Se a falta de água ocorrer no final do ciclo pode acarretar em um menor peso de grãos, caindo a sua produtividade final.

Para evitar essas perdas, a prática da irrigação pode ser uma alternativa viável desde que haja um bom manejo de irrigação, com planejamento do momento adequado de aplicação de

água para a cultura, com a lâmina d'água correta, para assim, atender as diferentes necessidades hídricas dos diversos estágios da planta. (ANDRADE, et. Al., 2006)

### **3. OBJETIVO.**

#### **3.1. Objetivo geral.**

Avaliar a produtividade das plantas do milho irrigadas por gotejamento superficial.

#### **3.2. Objetivos específicos.**

Avaliar a altura da planta (medição entre a base da planta até a inserção da última folha), comprimento da terceira folha e o diâmetro do caule durante todo o ciclo vegetativo da cultura.

Avaliar o comprimento, o perímetro e o diâmetro da espiga, peso de 1000 grãos, número de grãos por espiga e produtividade de grãos.

#### 4. MATERIAIS DE MÉTODOS

O experimento foi realizado no CCA-UFSCar, campus de Araras - SP, (22°18'50.08" S e 47°22'57.69" O, altitude 698m), durante o período de outubro de 2018 a janeiro de 2019. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cwa, tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com média de 270 mm e julho o mais seco com média de 12 mm (KÖPPEN, 1928) A unidade experimental foi conduzida em uma área cujo solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 1999), e a análise química (tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do solo localizado na UFSCar – Araras. A área do experimento possui 40 metros de comprimento e 35 metros de largura, totalizando 1400m<sup>2</sup> (0,14 hectares) (Figura 2).

**Tabela 1.** Análise química do solo na profundidade de 0 cm a 40 cm (CCA-UFSCar, 2018).

AMOSTRAS N°		P RESINA	M.O	pH	K	Ca	Mg	H <sup>+</sup> Al	Al	SB	CTC	V	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
LAB.	SOLIC	mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mmolc/dm <sup>3</sup>							%	%	mg/dm <sup>3</sup>						
3585	(0-20)	11	30	5.3	2.4	30	13	28	0.2	45.4	73.4	61.9	0.4	2	0.31	4.3	17	42	2	
3586	(20-40)	14	30	5.4	5.9	33	15	28	0.5	53.9	81.9	65.8	0.9	3	0.24	3.8	13	44.3	1.7	



**Figura 2.** Vista da área experimental onde foi realizado o experimento. UFSCar, 2017. Fonte: arquivo pessoal.

##### 4.1. Tratos culturais (Preparo do solo)

Antes do plantio foi realizada uma aplicação de glifosato, na dosagem de  $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$ , para dessecagem, e após 12 dias, uma operação com a grade para incorporar as plantas daninhas e, posteriormente, foi feito o nivelamento do terreno para eliminar sulcos de plantio provenientes da cultura da cana-de-açúcar existentes na área. Foi realizada a coleta de solo para a análise química, em cinco pontos diferentes da área, em duas diferentes profundidades: 0 a 20cm e de 20 a 40cm.

De acordo com os valores obtidos da análise (Tabela 1) e a orientação do Boletim 100 foi recomendada a aplicação  $2.0 \text{ t.ha}^{-1}$  de Calcário Dolomítico para elevar a saturação de bases a 70%. Esta aplicação foi feita manualmente a lanço, conforme mostra a figura 3.



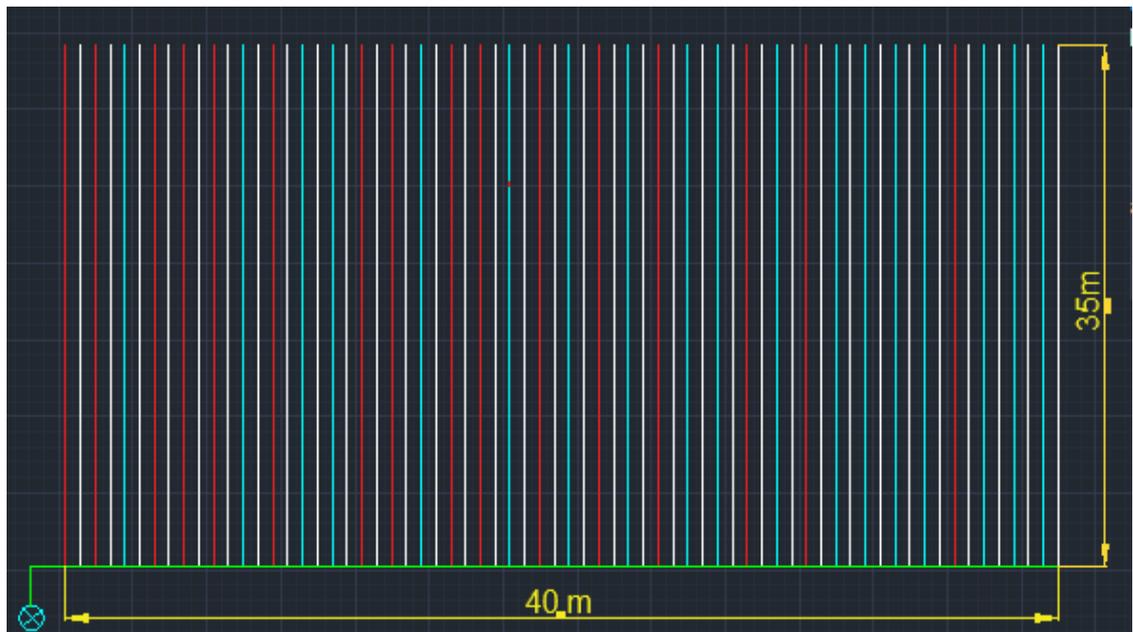
**Figura 3.** Aplicação de calcário na área do experimento. UFSCar- Araras 2018.

Fonte: Arquivo pessoal.

#### **4.2.Delineamento experimental**

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, composto de 2 tratamentos e 17 repetições. Foi deixada uma linha entre os tratamentos, para não haver interferências nos resultados, uma vez que a faixa molhada formada pelos tubos gotejadores poderia atingir a linha subsequente.

A área experimental era composta por 34 linhas de plantio, sendo 17 com irrigação e 17 sem irrigação, distribuídas aleatoriamente, conforme apresentado na figura 4. As linhas azuis representam os tratamentos com irrigação e as linhas vermelhas, as que não receberam irrigação. Nota-se, que as linhas brancas foram deixadas de bordadura para diminuir a interferência entre os tratamentos irrigados e não irrigados.



**Figura 4.** Croqui da área do experimento. **Linhas azuis:** tratamentos irrigados. **Linhas vermelhas:** tratamentos sem irrigação. **Linhas brancas:** linhas plantadas sem avaliação. **Linha verde:** linha principal irrigação. **Fonte:** arquivo pessoal.

### 4.3. Plantio

O plantio da Cultivar AG02 PRO 3+ foi realizado no dia 01 de outubro de 2018 na profundidade de 5 cm, com uma plantadeira Massey Ferguson, com sete linhas de plantio, com espaçamento de 0,80 entre linhas, e 6 plantas por metro, caracterizando uma população de 75.000 plantas por hectare.

### 4.4. Adubação

A adubação foi realizada segundo o manual do boletim 100 recomendado para o estado de São Paulo, com base na análise do solo do local do experimento. Foi aplicado na adubação de plantio MAP (NPK), nas proporções de 370 kg.ha<sup>-1</sup> da formulação 07-35-11.

Na adubação de cobertura foi aplicado o adubo na formulação 20-00-20, rico em nitrogênio e potássio aos 45 dias após plantio (DAP) de forma localizada nas linhas de plantio, na concentração de 400 kg.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** Aplicação de adubo NPK, no plantio do milho e na cobertura. UFSCar-Araras, 2018.  
Fonte: Arquivo pessoal.

#### **4.5. Aplicação de inseticidas**

Para minimizar o ataque de pragas que poderiam afetar a produtividade, o experimento foi monitorado diariamente. Aos 50 dias após plantio (DAP), foi constatado o ataque da “lagarta do cartucho” nas plantas. A variedade AG02, da Agrocere, possui resistência à lagarta, que mesmo raspando as folhas, não chegam a furá-las e morrem, não causando danos à cultura.

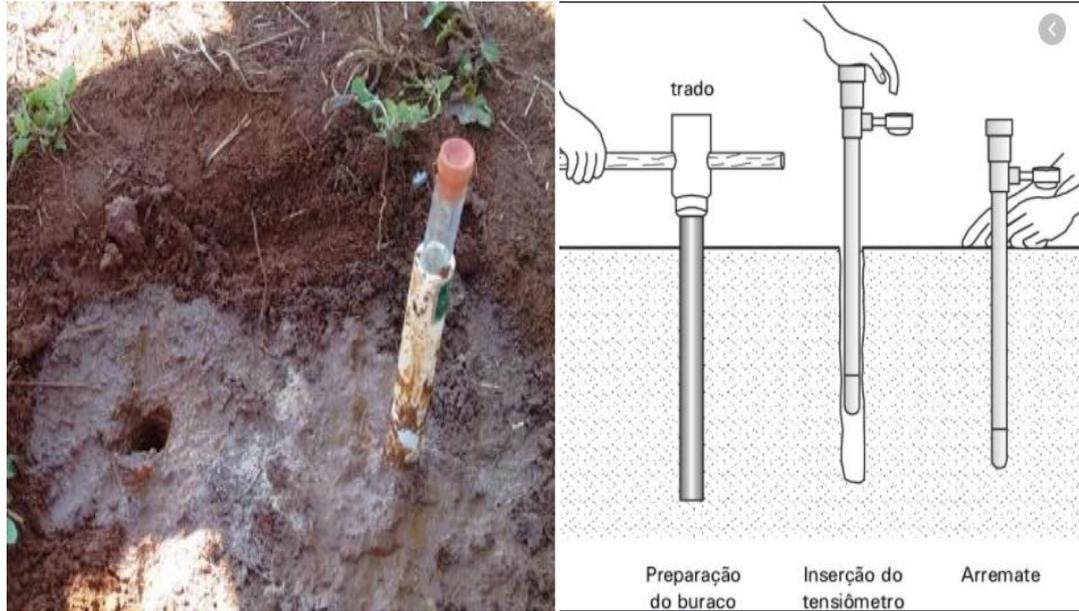
Porém, devido a um veranico, as lagartas começaram a atacar as plantas com maior severidade, então, foi realizada a aplicação do produto Certero® (*Triflumurom*), na dose de 50 ml a cada 15 litros de calda, conforme a orientação da bula. Para o controle da infestação foi realizada a aplicação do produto apenas nas linhas de plantio, com o auxílio de um pulverizador costal de 15 Litros.



**Figura 6.** Aplicação de inseticida Certero® para o combate de lagarta-do-cartucho, apenas nas linhas de plantio do milho. UFSCar-Araras, 2018. Fonte: Arquivo pessoal.

#### 4.6. Irrigação e seu Manejo

A irrigação utilizada no experimento foi o gotejamento superficial fornecido pela empresa NaanDanJain, localizada no município de Leme/SP. O sistema foi instalado aos 7 dias após plantio (DAP) quando as plântulas começaram a emergir. A aplicação de água foi feita por tubos gotejadores autocompensantes, modelo TOPDRIP® de polietileno, com vazão de 1 L.h<sup>-1</sup>, espaçamento de 0,30m e pressão de serviço de 1.5 bar. O sistema de bombeamento foi composto com uma caixa d'água com capacidade de 500 Litros, uma eletrobomba marca Thebe® com potência de ¾ CV e vazão máxima de 1,67 m<sup>3</sup>h. Para o monitoramento da umidade do solo foram instaladas duas baterias de tensiômetros (20 e 40 cm de profundidade). A tensão de água no solo foi medida utilizando-se um tensímetro da marca Blumat digital, modelo A 6410 Teffs, e por meio de uma curva de retenção de água no solo estimar a sua umidade. Quando a tensão de água no solo correspondia a umidade crítica para a cultura do milho (50 Kpa), realizava-se a irrigação com o objetivo de elevar a umidade atual do solo para a umidade correspondente à capacidade de campo, que neste caso é de 0,35 m<sup>3</sup>. m<sup>-3</sup> A figura 7 mostra a instalação dos tensiômetros no campo.



**Figura 7.** Instalação dos tensiômetros nas profundidades de 20 e 40 cm, e modelo de instalação do tensiômetro. UFSCar Araras, 2018. Fonte: Arquivo pessoal e AZEVEDO Juscelino. **Tensiômetro: dispositivo prática para controle da irrigação. EMBRAPA-SP 1999.**

O valor medido com o tensiômetro varia de 0 a 100 KPa. O valor adequado para a maioria das culturas encontra-se entre os valores de 20 a 60 KPa. (AZEVEDO e SILVA, 1999). A tabela 2 contém os dados de potencial matricial e o seu respectivo valor de umidade do solo.

**Tabela 2.** Relações entre o potencial matricial e a umidade do solo da área experimental para as profundidades de 20 e 40 cm.

Camadas (m)	Potencial matricial da água do solo ( $\psi_m$ ; $J.N^{-1}$ )						
	0	1	3,3	10	30	50	150
	Umidade do solo à base de volume ( $\Theta$ ; $m^3.m^{-3}$ )						
0 – 0,2	0,559	0,411	0,350	0,278	0,276	0,265	0,234
0,2 – 0,4	0,548	0,408	0,352	0,276	0,286	0,280	0,255

As lâminas de irrigação foram calculadas através da seguinte fórmula (LL):

$$LL = \frac{(CC - U_{ir})}{10} \times d \times Z_i$$

Em que:

LLi: lâmina líquida a ser aplicada (milímetros)

CC: umidade do solo correspondente à capacidade de campo ( $0,35 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )

Uir: umidade do solo correspondente ao potencial matricial crítico para a cultura ( $0,31 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )

D: densidade do solo ( $1,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )

Z: profundidade efetiva do sistema radicular do milho (35 cm)



**Figura 8.** Instalação dos tubos gotejadores nas linhas sorteadas para irrigação. UFSCar- Araras, 2018.  
Fonte: Arquivo pessoal.



**Figura 9.** Foto das plantas em plantio adensado e detalhe da espiga em formação. UFSCar Araras, 2018. Fonte: arquivo pessoal.

#### **4.7. Avaliações**

##### **4.7.1. Avaliação de desenvolvimento vegetativo (Fase V)**

Foi realizada uma avaliação aos 60 (DAP) durante o período vegetativo da cultura, medindo-se os seguintes parâmetros de desenvolvimento da planta: Diâmetro do caule, altura da planta e comprimento da terceira folha.

O material utilizado para as medições foram uma fita métrica e uma régua de 30 cm. As plantas avaliadas foram escolhidas ao acaso, sendo avaliadas três plantas por linha, das 34 linhas plantadas, sendo elas 17 linhas do tratamento irrigado e 17 linhas do tratamento sem irrigação.

##### **4.7.2. Avaliação de desenvolvimento Reprodutivo (Fase R)**

Foram realizadas aos 120 DAP (Colheita), as avaliações com relação à espiga de milho, medindo-se os seguintes parâmetros: comprimento da espiga, diâmetro, peso, perímetro, número de grãos por espiga, peso de 1000 grãos e produtividade de grãos.

As espigas avaliadas foram escolhidas ao acaso, sendo três de cada linha, das 34 linhas. Para as avaliações do comprimento, diâmetro e perímetro da espiga foram utilizados uma fita

métrica e uma régua de 30 cm. Logo após, foi realizada a pesagem das espigas, com o auxílio de uma balança analítica, sendo elas pesadas sem a palha.

Os grãos foram retirados da sua espiga após a pesagem, e individualmente contados, adquirindo-se assim os dados de número de grãos por espiga. Após isso, foram divididos em grupos de 1000 grãos, e pesados com o auxílio de uma balança analítica. A produtividade final do milho foi contabilizada a partir dos dados obtidos do número de grãos por espiga, peso da espiga e peso de 1000 grãos.

A produtividade do milho foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{Produtividade} \left( \frac{\text{sacas}}{\text{ha}} \right) = \frac{(\text{peso total por grãos da espiga}) \times (\text{população de plantas por ha})}{60}$$

#### **4.8. Análise estatística**

Os resultados obtidos a partir das análises biométricas nas fases vegetativa e reprodutiva, e a produtividade final foram submetidos à análise de variância. As médias das variáveis foram comparadas pelo teste de T-Student 5% de significância, utilizando o programa Assistat.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

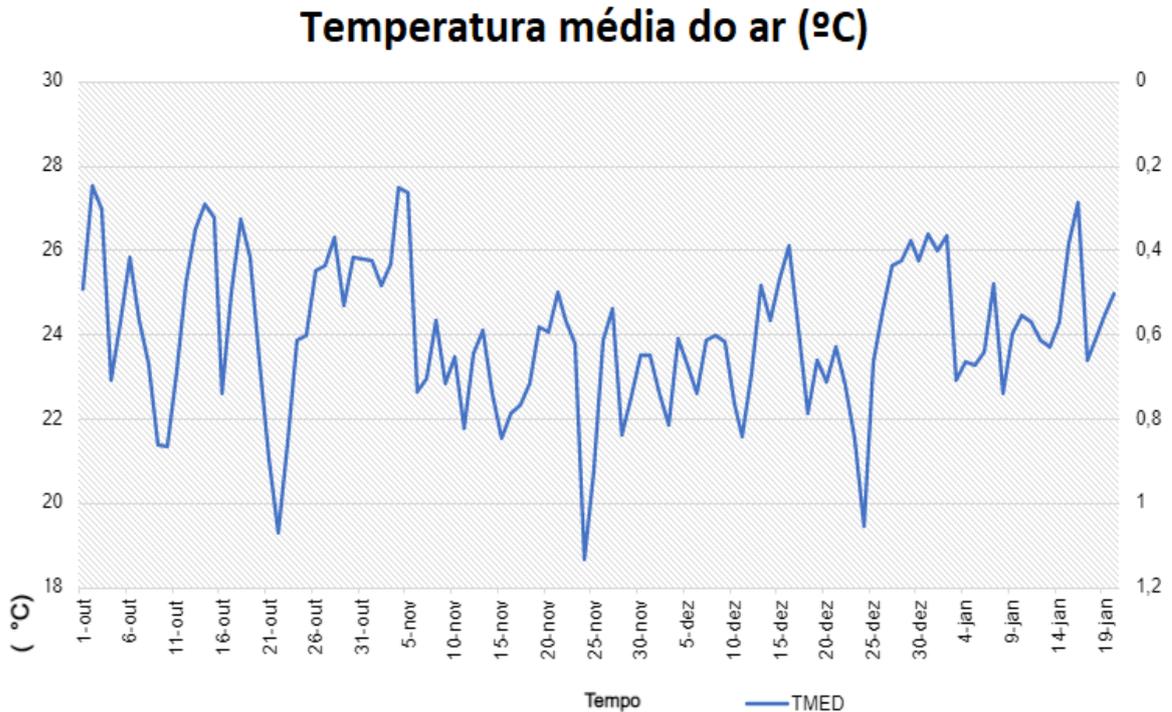
### **5.1. Pluviosidade**

As informações referentes aos dados meteorológicos foram coletadas desde o plantio da cultura até o da colheita, apresentando uma precipitação acumulada 646 mm e maior evento registrado aos 98 DAP (78 mm). A precipitação ocorrida aos Cinco DAP foi de 27 mm, fator que influenciou positivamente a germinação das sementes e o início de desenvolvimento das plântulas, sendo suficiente para garantir um percentual de 90% de pegamento.

O milho pode ser cultivado em regiões onde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pelas plantas, durante todo o seu ciclo, está em torno de 600 mm e nos estádios iniciais de crescimento, num clima quente e seco, raramente excede 2,5 mm/dia. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários. Mas se a temperatura estiver muito elevada e a umidade do ar muito baixa, o consumo poderá chegar até 10 mm/dia. (BERGONCI, et al. 2001).

### **5.2. Temperatura média diária**

A figura 10 representa o gráfico da Temperatura média do ar (°C) obtida durante o período de 01 de outubro de 2018 a 19 de janeiro de 2019.



**Figura 10.** Temperatura média do ar durante o experimento. Fonte: estação meteorológica UFSCar-Araras, 2019.

Segundo Ladau et. al (2010) durante o período de germinação até o período de floração, as temperaturas ideais do ar devem estar entre 24°C e 30°C, e as médias diurnas de 25°C a 18°C.

Bergonci et al. (2001) ao comparar as temperaturas médias do ar diurnas de 25°C, 21°C e 18°C, verificaram que o milho obteve maior produção de matéria seca e maior rendimento de grãos na temperatura de 21°C. Pode ocorrer queda do rendimento sob temperaturas elevadas devido ao curto período de tempo de enchimento de grãos, em virtude da diminuição do ciclo da planta. Por ocasião da floração, temperaturas médias superiores a 26°C aceleram o desenvolvimento da fase de enchimento de grãos, já as temperaturas inferiores a 15,5°C, o retardam. No presente ensaio as médias de temperatura do ar se mantiveram dentro dos valores ideais para o desenvolvimento da cultura, não tendo médias menores que 19 °C, e nem maiores de 40°C, que seriam temperaturas que prejudicariam o desenvolvimento da cultura.

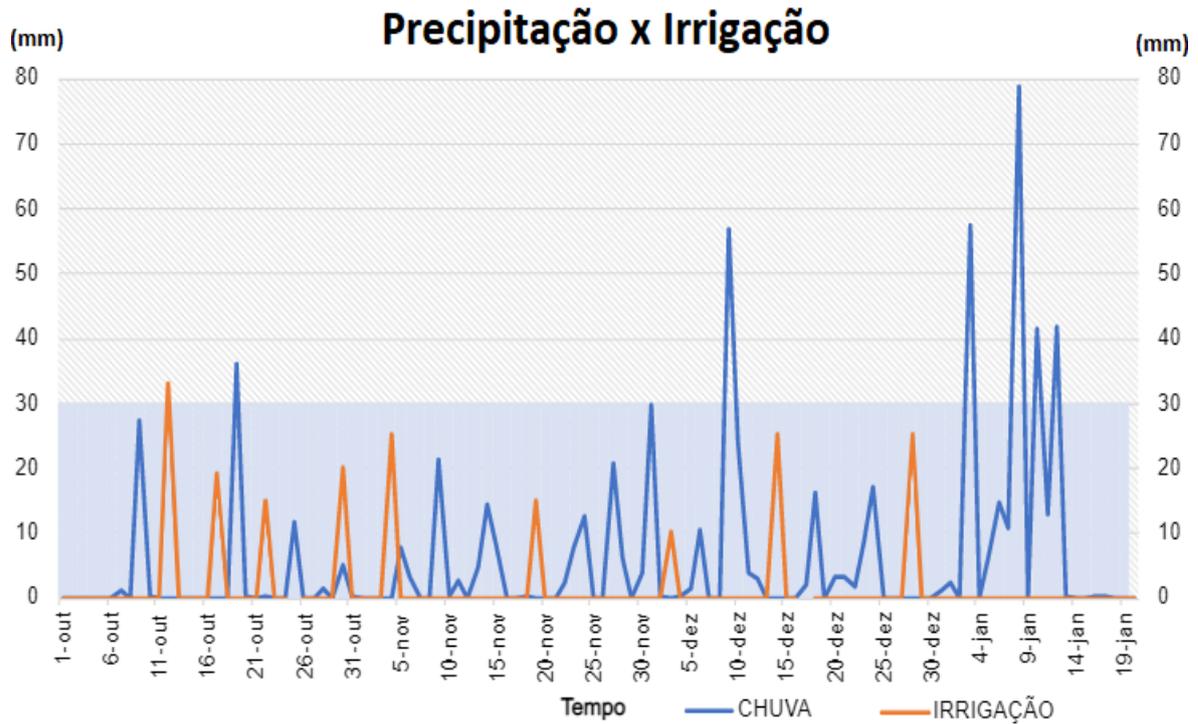
### 5.3. Precipitação e irrigação Umidade do solo

Na figura 11, consta-se o gráfico de precipitação e irrigação durante o decorrer do experimento, no período de 01 de outubro de 2018 até 29 de janeiro de 2019.

A tensão de água no solo foi monitorada por quatro tensiômetros instalados na área na profundidade de 20-40 cm de profundidade no ensaio. Por meio da curva de retenção de água no solo estimou-se a sua umidade. Através da **figura 11** observamos que a umidade do solo se manteve próximo à sua umidade na capacidade de campo ( $0,35 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ). Foram aplicadas 09 lâminas de água de aproximadamente 20 mm, totalizando 180 mm.

As informações referentes aos dados meteorológicos foram coletadas desde o plantio da cultura até o da colheita, apresentando uma precipitação acumulada 646 mm e maior evento registrado aos 98 DAP (78 mm). A precipitação ocorrida aos cinco DAP foi de 27 mm, fator que influenciou positivamente a germinação das sementes e o início de desenvolvimento das plântulas, sendo suficiente para garantir um percentual de 90% de pegamento.

O milho pode ser cultivado em regiões aonde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pelas plantas, durante todo o seu ciclo, está em torno de 600 mm e nos estádios iniciais de crescimento, num clima quente e seco, raramente excede 2,5 mm/dia. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários. Mas se a temperatura estiver muito elevada e a umidade do ar muito baixa, o consumo poderá chegar até 10 mm/dia. (BERGONCI, et al. 2001).



**Figura 11.** Gráfico referente ao nível de precipitação e irrigação durante o período do experimento. UFSCar, 2019. Fonte: Arquivo pessoal.

#### 5.4. Análise dos dados durante o desenvolvimento da cultura

Na tabela 3 estão expressos os dados referentes às médias dos tratamentos com e sem irrigação, aos 60 DAP, para os parâmetros: altura da planta, diâmetro do caule e comprimento da terceira folha.

**Tabela 3.** Médias dos parâmetros altura da planta, comprimento da terceira folha e diâmetro do caule aos 60 DAP.

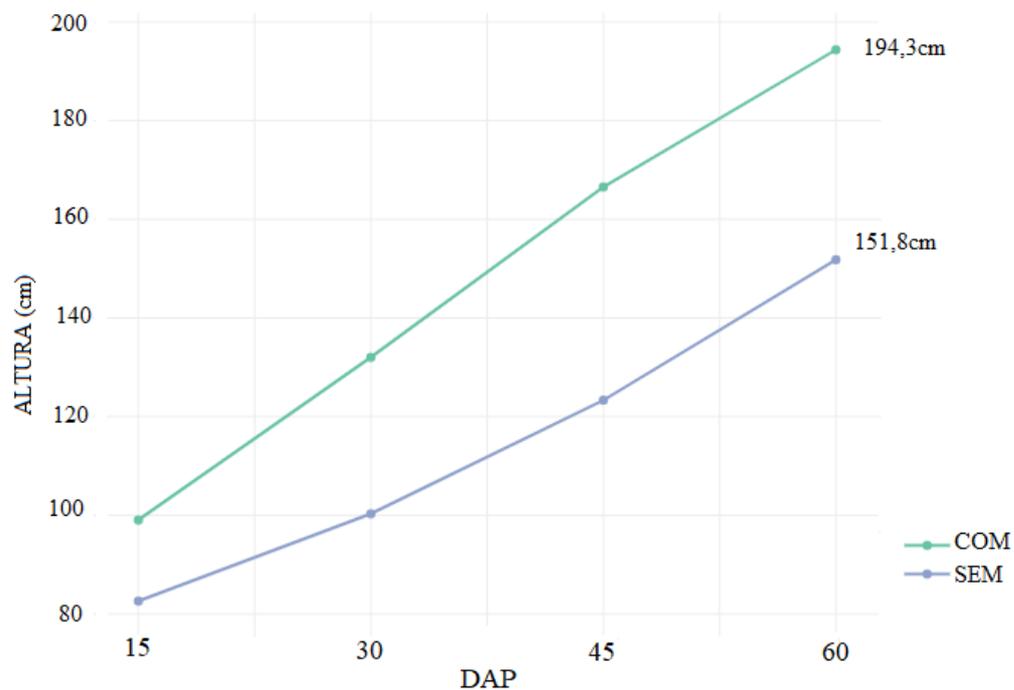
Variáveis	Tratamentos	
	Irrigado	Não irrigado
Altura da planta (cm)	194.0 a	151.0 b
Comprimento da 3ª folha (cm)	98.0 a	84.0 b
Diâmetro do caule (cm)	24.5 a	21.09 b
Cv(%)	7,23	16,20

\*Letras diferentes na mesma linha apresentam diferença estatística a 5% de significância pelo teste-T. CV(%): coeficiente de variação.

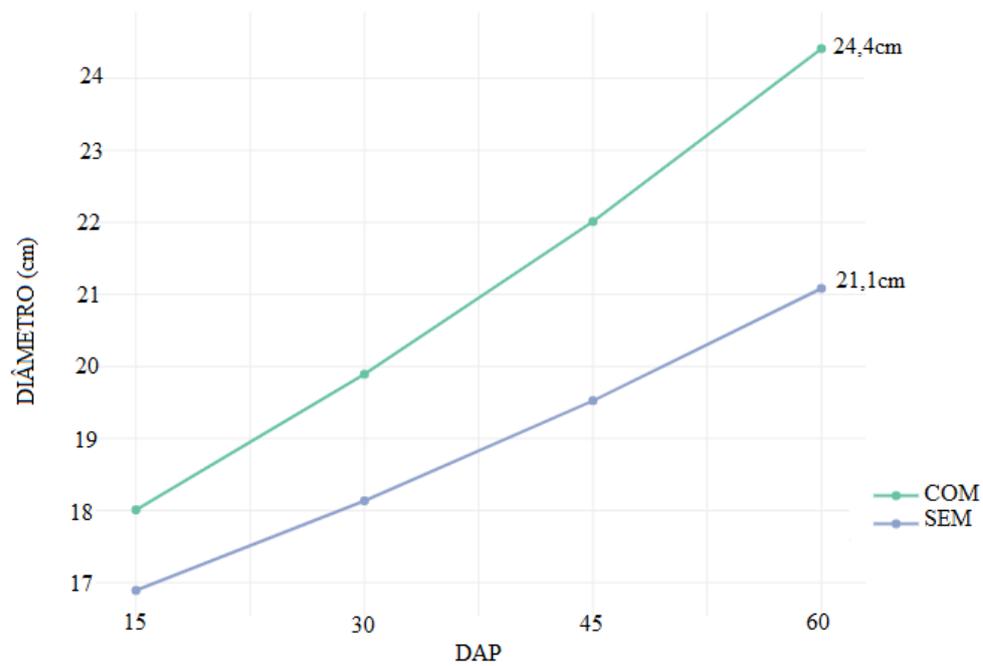
Os dados obtidos em uma frequência de avaliação quinzenal (15, 30, 45 e 60 DAP) de altura da planta, tamanho da terceira folha e diâmetro do caule estão expressos nas **figuras 12, 13 e 14, respectivamente.**

Pela tabela 3 observa-se que as plantas no tratamento irrigado se diferiram estatisticamente das plantas no sequeiro para todas as variáveis analisadas. Para altura, o valor médio foi de 194 cm nas plantas irrigadas, sendo 22 % superior em relação às de sequeiro. Para o comprimento da terceira folha e diâmetro do caule a superioridade foi de 14%.

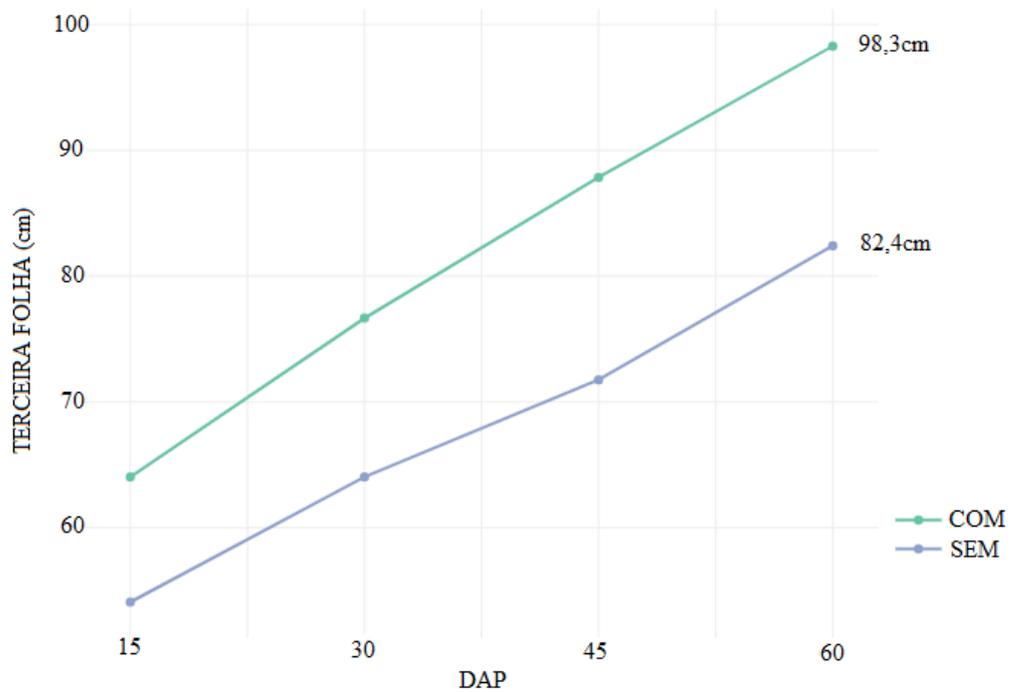
Resultados semelhantes foram encontrados por Fernandes et. al. (2018), ao relatarem que a lâmina d'água do tratamento irrigado incrementou na altura e no diâmetro do colmo da planta durante a fase vegetativa da cultura.



**Figura 12.** Altura das plantas com e sem irrigação das quatro avaliações realizadas durante o ensaio (15 30, 45 e 60 DAP). Fonte: arquivo pessoal.



**Figura 13.** Diâmetro do caule com e sem irrigação nas quatro avaliações realizada durante o ensaio (15 30, 45 e 60 DAP). Fonte: arquivo pessoal.



**Figura 14.** Tamanho da terceira folha com e sem irrigação nas quatro avaliações realizadas durante o ensaio (15 30, 45 e 60 DAP). Fonte: arquivo pessoal.

### 5.5. Análise dos componentes de produtividade do milho safrinha

Na tabela 4 estão apresentados os dados referentes às médias dos tratamentos com e sem irrigação, nos parâmetros comprimento, perímetro, diâmetro e peso das espigas, número de grãos por espiga, peso de 1000 grãos e produtividade de grãos.

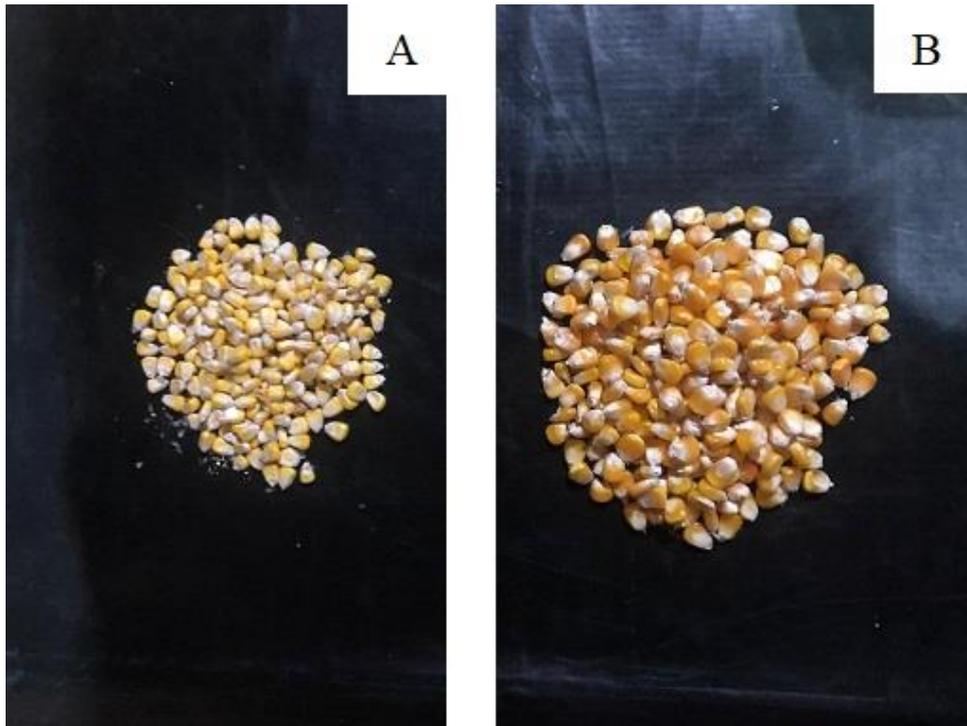
**Tabela 4.** Médias das características de produtividade avaliadas nos tratamentos com e sem irrigação.

	<b>Irrigado</b>	<b>Não irrigado</b>
<b>Comprimento (cm)</b>	16.22 <b>a</b>	16.72 <b>a</b>
<b>Perímetro (cm)</b>	14.46 <b>a</b>	14.27 <b>a</b>
<b>Diâmetro (cm)</b>	4.52 <b>a</b>	4.49 <b>a</b>
<b>Peso espiga (g)</b>	304.84 <b>a</b>	250.88 <b>b</b> (p-value: 3,5e <sup>-6</sup> )
<b>N° de Grãos/espiga</b>	491.64 <b>a</b>	470.06 <b>a</b>
<b>Peso de 1000 grãos (g)</b>	439.27 <b>a</b>	310.82 <b>b</b> (p-value: 2,005e <sup>-9</sup> )
<b>Produtividade (SC/há)</b>	270,52 <b>a</b>	184,48 <b>b</b> (p-value: 6,8e <sup>-4</sup> )

\* Letra diferente na mesma linha representa que os dados são diferentes a 5% de significância pelo teste de T-Student.

Como apresentado na tabela 4 a irrigação influenciou significativamente no peso da espiga (PE), peso de 1000 grãos (P1000) e produtividade de grãos (PG), (p-valor=0.00068). As plantas irrigadas apresentaram PE, P1000 e PG, 17.7, 29.24 e 31.80% maiores que as plantas no sequeiro, respectivamente. Confirmando assim, que no experimento realizado a irrigação por gotejamento para o milho safrinha incrementa a produtividade de grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por Pergorare et. al., (2009) que constataram uma redução da biomassa de 100 grãos a partir da diminuição da lâmina d'água, e um incremento de produtividade conforme se aumentou a quantidade de água aplicada.

A figura 15 apresenta a qualidade dos grãos (A - não irrigado) e (B - irrigado):



**Figura 15.** Qualidade da mesma quantidade de grãos (1000), sem irrigar (A) e com irrigação (B). 2019.  
Fonte: arquivo pessoal.

## 6. CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos nas condições em que o ensaio foi realizado, pode-se concluir que:

As plantas irrigadas por gotejamento apresentaram um maior desenvolvimento vegetativo em todos os parâmetros avaliados.

Maiores produtividades das plantas de milho irrigadas por gotejamento, maiores peso de 1000 grãos e peso da espiga.

A utilização de irrigação por gotejamento para a produção de milho verde é viável, e pode trazer benefícios ao produtor rural, apresentando uma produtividade maior por área.

## 7. REFERENCIAS

- ANDRADE, C. et al. Viabilidade e manejo da irrigação da cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.
- AZEVEDO, J.A.; SILVA, E.M. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrado**, 1999. 33p. (Embrapa Cerrado. Circular Técnica, 001).BARROS, José FC; CALADO, José G. A cultura do milho. 2014.
- 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
- CRUZ, Ivan. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1995.
- FERNANDES, Chrislene Nojosa Dias et al. Crescimento do milho verde sob lâminas de irrigação e adubação foliar silicatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 4, p. 2789, 2018.
- GADIOLI, João Luiz et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.
- MAGALHÃES & P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia do milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**, 2006. 65 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 76).
- MARTINS, Juliano Dalcin et al. Viabilidade econômica da irrigação deficitária em milho irrigado por gotejamento. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 150-150, 2016.
- MIRANDA, Priscila Silva et al. Aplicação de silício na cultura do milho. **REVISTA DE CIÊNCIAS AGROAMBIENTAIS**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2018.
- MOURA, Allan Hemerson de et al. **Níveis de Irrigação por gotejamento na cultura do milho na zona da mata alagoana**. 2019.
- PEGORARE, Alexander B. et al. Irrigação suplementar no ciclo do milho" safrinha" sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.