



ANA CAROLINE PONCIANO

**FUNÇÃO RESPOSTA DA ALFACE (*Lactuca sativa L.*) EM DIFERENTES
INTERVALOS DE IRRIGAÇÃO POR MEIO DE VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO**

**BAMBUÍ/MG
2019**

ANA CAROLINE PONCIANO

**FUNÇÃO RESPOSTA DA ALFACE (*Lactuca sativa L.*) EM DIFERENTES
INTERVALOS DE IRRIGAÇÃO POR MEIO DE VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais - Câmpus
BambuÍ como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Santos Campos

Coorientadora: Prof.^a Me. Gislaine Pacheco
Tormen

**BAMBUÍ/MG
2019**

ANA CAROLINE PONCIANO

**FUNÇÃO RESPOSTA DA ALFACE (*Lactuca sativa L.*) EM DIFERENTES
INTERVALOS DE IRRIGAÇÃO POR MEIO DE VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais - Câmpus
BambuÍ como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Santos Campos

Coorientadora: Prof.^a Me. Gislaine Pacheco
Tormen

Aprovado em, _____/_____/2019.

Prof. Dr. Diogo Campos Santos (Orientador - IFMG *campus* Bambuí)

Prof.^a Me. Gislaine Pacheco Tormen (Coorientadora - IFMG *campus* Bambuí)

Prof. Dr. Luciano Donizete Gonçalves (Professor IFMG *campus* Bambuí)

Prof. Dr. Vladimir Antônio Silva (Professor IFMG *campus* Bambuí)

BAMBUÍ/MG
2019

P792f Ponciano, Ana Caroline.
2019 Função resposta da alface (*Lactuca sativa L.*) em diferentes intervalos de irrigação por meio de veículo aéreo não tripulado. / Ana Caroline Ponciano. – Bambuí, 2019.
53 f. : il. color.

Orientador: Diogo Santos Campos.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)
– Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Campus Bambuí.

1. Hortaliças. I. Campos, Diogo Santos (orientador).
II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí. III. Título.

CDD: 635

*À minha família,
que muito me apoiou e incentivou a realizar esse trabalho.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me amparar nos momentos difíceis, pelas bênçãos a mim concedidas e permitir que esse sonho se realizasse.

Aos meus pais, Sandro e Ana, que jamais deixaram de sonhar comigo, me apoiando em todos os momentos.

Ao meu namorado Fábio, pelo companheirismo, amor e incentivo.

As minhas amigas Maysa e Synara, pelos conselhos e apoio, principalmente pelas experiências de vida comigo compartilhadas.

Aos colegas da Agro 09, pela convivência e amizade ao longo desses anos.

Aos mestres pelo conhecimento transmitido, em especial o professor Luciano e à professora Gislaine pelo incentivo e ensinamentos.

Ao professor Diogo, pela confiança, apoio e orientação para realização desse trabalho.

Aos funcionários do setor de Olericultura, pela ajuda durante a execução do projeto.

Enfim, a todos que contribuíram para conclusão desta etapa!

MUITO OBRIGADA!

“O mundo está nas mãos daqueles que tem coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos.”

(Paulo Coelho)

RESUMO

PONCIANO, Ana Caroline. **Função resposta da alface (*lactuca sativa L.*) em diferentes intervalos de irrigação por meio de veículo aéreo não tripulado.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia). Bambuí: IFMG Câmpus Bambuí, 2019. 53p.

A alface é uma das principais hortaliças folhosas, mundialmente conhecida e com grande importância na alimentação da população. As irrigações para a cultura da alface devem ser realizadas de forma frequente durante todo seu ciclo de desenvolvimento devido a sua exigência em água. Com o avanço da tecnologia e a necessidade de obtenção de informações para a otimização nos processos agrícolas, o uso do monitoramento remoto torna-se uma prática cada vez mais utilizada na agricultura de precisão. Diante disso o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade da cultura da alface, cultivada em ambiente aberto, com uso de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para detecção da necessidade hídrica e os intervalos de irrigação por meio da resposta espectral da cultura. O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG Câmpus Bambuí, utilizando a cultivar de alface Solaris no espaçamento de 30 cm x 30 cm. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 4 repetições e 5 tratamentos, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos foram caracterizados pelos intervalos de irrigação, denominadas T1: Irrigação diária (Testemunha); T2: < 80% Índice de Suficiência de Água (ISA); T3: < 70% ISA; T4: < 60% ISA; T5: < 50% ISA. Foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro da cabeça, massa fresca da parte aérea, números de folhas, matéria seca da parte aérea, altura da parte aérea, teor de clorofila e produtividade. Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância com a realização do teste F e a análise de regressão ao nível de significância de 5% de probabilidade. Todas as variáveis analisadas foram influenciadas pelos intervalos de irrigação adotados nesse trabalho determinados pelo Índice de Suficiência de Água proposto, sendo o melhor tratamento a irrigação diária com uma lâmina fixa de 5mm para a cultura da alface. O uso de veículo aérea não tripulado com câmera acoplada que capta na região do visível não se mostrou eficiente para o manejo da irrigação para a cultura da alface a partir da refletância da planta.

Palavras-chave: Cultura da alface. Drone. Espectro visível. Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

PONCIANO, Ana Caroline. Response function of lettuce (*lactuca sativa* L.) at different irrigation intervals by unmanned aerial vehicle. Course conclusion work (Bachelor of Agronomy). Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2019. 53p.

Lettuce is one of the main leafy vegetables worldwide known and of great importance in the population's diet. Irrigations for lettuce crop should be performed frequently throughout its development cycle due to its requirement in water. With the advancement of technology and the need for information to be optimized for agricultural processes, the use of remote monitoring is becoming increasingly used in precision agriculture. Thus, the present work aimed to evaluate the productivity of lettuce crop, grown in open environment, using an unmanned aerial vehicle (UAV) to detect water requirement and irrigation intervals through the spectral response of the crop. The experiment was carried out in the Olericulture sector of the Federal Institute of Minas Gerais - IFMG Câmpus Bambuí, using the Solaris lettuce cultivar at 30 cm x 30 cm spacing. The experimental design was randomized blocks with 4 replications and 5 treatments, totaling 20 experimental units. The treatments were characterized by irrigation intervals, T1: Daily Irrigation (Witness); T2: <80% Water Sufficiency Index (ISA); T3: <70% ISA; T4: <60% ISA; T5: <50% ISA. The following variables were evaluated: head diameter, shoot fresh mass, leaf numbers, shoot dry matter, shoot height, chlorophyll content and yield. Variable data were subjected to analysis of variance with the F test and regression analysis at a significance level of 5% probability. All the analyzed variables were influenced by the irrigation intervals adopted in this work determined by the proposed Water Sufficiency Index, being the best treatment the daily irrigation with a fixed 5mm blade for lettuce crop. The use of unmanned aerial vehicle with coupled camera that captures in the visible region was not efficient for the management of irrigation for lettuce crop from plant reflectance.

Keywords: Lettuce crop. Drone. Visible spectrum. Remote sensing.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 | Objetivo geral | 13 |
| 2.2 | Objetivos específicos..... | 13 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 3.1 | Cultura da alface | 14 |
| 3.2 | Irrigação | 15 |
| 3.3 | Uso de VANTS na agricultura | 16 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 4.1 | Caracterização do local..... | 19 |
| 4.2 | Preparo da área e análise de solo | 19 |
| 4.3 | Implantação e condução da cultura..... | 19 |
| 4.4 | Delineamento experimental | 20 |
| 4.5 | Condução do manejo da irrigação | 21 |
| 4.6 | Variáveis analisadas | 24 |
| 4.6.1 | <i>Altura da parte aérea</i> | 24 |
| 4.6.2 | <i>Diâmetro da parte aérea</i> | 25 |
| 4.6.3 | <i>Massa fresca comercial</i> | 26 |
| 4.6.4 | <i>Número de folhas</i> | 26 |
| 4.6.5 | <i>Teor de clorofila</i> | 27 |
| 4.6.6 | <i>Massa seca parte aérea</i> | 28 |
| 4.6.7 | <i>Produtividade</i> | 28 |
| 4.7 | Análise Estatística..... | 28 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 5.1 | Recomendação de calagem e adubação | 29 |
| 5.2 | Obtenção de dados para colocar o solo na capacidade de campo (CC) | 30 |
| 5.3 | Avaliação da altura da parte aérea..... | 32 |
| 5.4 | Avaliação do diâmetro de cabeça..... | 34 |
| 5.5 | Avaliação do número de folhas | 35 |
| 5.6 | Avaliação da massa fresca comercial..... | 37 |
| 5.7 | Avaliação da matéria seca da parte aérea..... | 39 |
| 5.8 | Teor de clorofila..... | 40 |
| 5.9 | Avaliação da produtividade..... | 42 |
| 6 | CONCLUSÃO | 44 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 45 |

| | |
|---|-----------|
| APÊNDICE A – Quantidade de irrigação diárias e totais por tratamento durante a execução do experimento aplicando o intervalo de irrigação..... | 50 |
| APÊNDICE B – Dados climáticos obtidos durante a condução do experimento..... | 54 |

1 INTRODUÇÃO

Dentre as principais olerícolas cultivadas atualmente, a alface (*Lactuca sativa* L.) é a mais popular das hortaliças folhosas, mundialmente conhecida e com grande importância na alimentação da população. No Brasil é uma das folhosas mais consumidas, com alto valor nutritivo, sendo uma boa fonte de vitaminas e sais minerais. Além das suas características nutricionais, o cultivo dessa hortaliça também expressa um papel econômico e social, gerando emprego e renda na cadeia do setor olerícola, devido a necessidade de mão de obra durante todo o período de desenvolvimento da cultura.

As irrigações para a cultura da alface devem ser realizadas de forma frequente durante todo seu ciclo de desenvolvimento devido a sua exigência em água. Um manejo eficiente da irrigação, tais como lâminas de aplicação adequadas e o tempo de irrigação é essencial para suprir as necessidades hídricas das plantas. Essas medidas impedem perdas de nutrientes por lixiviação e diminui problemas fitossanitários, minimizando assim gastos econômicos com água e energia (MORGAN; PARSONS; WHEATON, 2001). Desta forma o uso racional de água é de grande importância para a alficultura, pois tanto o excesso quanto o déficit podem favorecer mudanças fisiológicas na cultura, saturação do solo e problemas de salinização, acarretando problemas irreversíveis à produção.

Com o avanço da tecnologia e a necessidade de obtenção de informações para a otimização nos processos agrícolas, o uso do monitoramento remoto torna-se uma prática cada vez mais utilizada na agricultura de precisão. Assim o uso dessa tecnologia para o monitoramento do estado hídrico das plantas pode ser uma ferramenta rápida e eficiente.

O sensoriamento remoto caracteriza-se pela obtenção de dados sem haver contato físico e a longas distâncias, por meio de plataformas como aeronaves, satélites, veículos aéreos não tripulados (VANTS) e máquinas agrícolas autopropelidas (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014). Uma das principais aplicações é o monitoramento com uso de sensores que medem a refletância na região do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas do espectro eletromagnético, onde pode ser observada a degradação de clorofila (DOS SANTOS; PADOLFI; RAMALDES, 2018). O acompanhamento da lavoura com uso de índices de vegetação, citando como exemplo o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NVDI), obtidos por sensoriamento remoto, tem-se mostrado como promissora ferramenta para o monitoramento do desenvolvimento da cultura, além de análises que permitem um planejamento prévio das ações.

Diante dos fatos abordados, o presente trabalho propõe avaliar a produtividade de plantas de alface submetidas a intervalos de irrigação em condições de campo, com o uso de VANTS para monitoramento remoto da cultura, visando a correlação entre necessidade hídrica por meio da resposta espectral da cultura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a produção da cultura da alface, cultivada em ambiente aberto, com uso de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para detecção da necessidade hídrica e os intervalos de irrigação por meio da resposta espectral da cultura.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a eficiência de um VANT como ferramenta para o manejo de irrigação da cultura da alface;
- Identificar o momento ideal da irrigação por meio da resposta espectral da cultura;
- Determinar e quantificar as alterações na altura da parte aérea, número de folhas, diâmetro da cabeça, massa fresca da parte aérea e matéria seca da parte aérea, teor de clorofila a fim de determinar a melhor intervalo de irrigação para a cultura da alface; e
- Avaliar a relação entre os diferentes intervalos de irrigação e a produtividade da alface.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa*) originou-se de espécies silvestres no sul da Europa e da Ásia Ocidental, é uma das hortaliças folhosas de maior consumo no Brasil e a mais cultivada no mundo, sendo consumida principalmente *in natura* na forma de salada (FILGUEIRA, 2008; SALA; COSTA, 2012).

Seu cultivo é realizado de forma intensiva e geralmente praticado pela agricultura familiar (ALENCAR *et al*, 2012). Pode ser considerada uma boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, além de conter vitaminas B1 e B2, vitaminas C, cálcio e ferro. Graças às propriedades nutritivas, que são conservadas pelo fato de ser consumida crua, é um importante alimento para a população brasileira. (FERNANDES *et al*, 2002).

A alface é uma planta anual de porte herbáceo, com caule diminuto, sem ramificações, ao qual se prendem as folhas. As partes comestíveis, as folhas, crescem em roseta em torno do caule, podendo ser lisas ou crespas, formar ou não uma cabeça. Quando a cultura é transplantada, o sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando os primeiros 25 centímetros de solo, sendo que a raiz pivotante pode atingir 60 centímetros de profundidade quando realizada a semeadura direta ao campo (FILGUEIRA, 2008). Essa hortaliça apresenta coloração que varia do verde claro ao verde escuro, sendo que existem algumas cultivares que apresentam folhas de coloração arroxeadas devido à presença de pigmentos denominados antocianinas (SANTANA; ALMEIDA; TURCO, 2009).

O ciclo da cultura varia de acordo com a cultivar e a época do ano. Nos cultivos de inverno, geralmente apresenta ciclo vegetativo de 60 a 80 dias, já nos cultivos de verão o ciclo varia entre 50 a 70 dias (EMBRAPA, 2010).

A cultura adapta-se melhor em solos de textura média, com boa capacidade de retenção de água. A faixa ideal de pH que favorece melhor desenvolvimento da cultura encontra-se entre 6,0 a 6,8. Para a saturação de bases recomenda-se aproximadamente 70%, caso os índices obtidos através da análise de solo forem menor que esse, deve-se realizar a calagem (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo da alface ao longo do ano, é influenciado pela temperatura, umidade relativa, fotoperíodo e a disponibilidade de água, sendo que a interação dos fatores ambientais e genéticos controlam o bom desenvolvimento da cultura (SOUSA *et al.*, 2018).

Tradicionalmente, a alface adapta-se melhor a temperaturas amenas, com maior produção nas épocas mais frias do ano em condições de campo (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Segundo Brunini *et al.* (1976) temperatura média mensal entre 15 e 18°C é a mais indicada para melhor produção, com máxima entre 21 e 24°C e mínima de 7°C.

A planta de alface cultivada em altas temperaturas, como regiões quentes ou no verão, durante seu crescimento vegetativo, ela passa rapidamente para fase reprodutiva, ocorrendo assim um estiolamento e o aparecimento de sua inflorescência, resultando na desvalorização do produto para comercialização pois propicia colheitas antecipadas e de qualidade inferior (SCHAFER, 2009). Além do pendoamento precoce, as altas temperaturas dificultam a absorção de alguns nutrientes, como o cálcio. A baixa absorção de cálcio em alface caracteriza-se pelo surgimento de necrose nas extremidades das folhas, conhecida como queima de bordas ou tip burn (BENINNI; TAKAHASHI; NEVES, 2003).

No Brasil, os dados indicam que os principais tipos de alface cultivados em ordem de importância econômica são: crespa, americana, lisa, mimosa e romana (SALA; COSTA, 2012). De acordo com as características morfológicas das folhas e a formação de “cabeça” repolhuda ou não, classificando as cultivares de alface em grupos, sendo eles grupo 1, grupo 2, grupo 3, grupo 4, grupo 5 e grupo 6, correspondendo respectivamente a repolhuda lisa, repolhuda crespa, solta lisa, solta crespa, mimosa e romana (FILGUEIRA, 2008).

A alface é cultivada em diversos sistemas produtivos, sendo eles o cultivo convencional, sistema orgânico em campo aberto, cultivo hidropônico e o cultivo protegido. Esses sistemas apresentam diferenças em relação ao manejo da cultura, além de permitir obter hortaliças de qualidade e quantidade durante todo o ano (RESENDE *et al.*, 2007).

3.2 Irrigação

Para o desenvolvimento dos sistemas de produção agrícola ter água em quantidade suficiente em todas as fases de crescimento vegetal da cultura é essencial. A forma mais fácil de obter água para as plantas é a chuva, entretanto, muitas vezes ela não ocorre do modo desejado para haver altas produções. A escassez de água no solo acarreta déficit hídrico nas plantas, sendo algo indesejável ao crescimento e desenvolvimento das culturas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Em locais com disponibilidade restrita de recursos hídricos, o manejo da irrigação se torna um fator importante para a produção agrícola. Decisões tais como quando, quanto e como irrigar influenciam no desenvolvimento das hortaliças, sendo um fator limitante para alcançar

uma maior produtividade. Sistemas de irrigação localizada, como gotejamento e microaspersão, apresentam grande vantagem sobre os demais por levar a água diretamente onde a planta absorve, evitando perdas, principalmente por evaporação (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A identificação do momento ideal para efetuar a irrigação, muitas vezes é realizada por métodos empíricos, não havendo precisão na quantidade de água a ser aplicada. Não adotar métodos científicos de avaliação do desempenho da irrigação podem comprometer o sucesso da atividade. Desta forma o uso racional de água é de grande importância para as plantas, pois o excesso tanto quanto o déficit da mesma, podem favorecer mudanças fisiológicas na cultura, saturação do solo, problemas com salinização, acarretando problemas irreversíveis a produção. No entanto, existem métodos de baixo custo e simples que podem ser aplicados, com vantagens, por pequenos e médios produtores e até mesmo por aqueles com pouca ou nenhuma experiência em irrigação (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2017).

De acordo com Filgueira (2008), a cultura da alface é altamente exigente em água, portanto, as irrigações devem ser frequentes e abundantes, deixando o solo com teor de umidade acima de 80%, devido à ampla área foliar e a evapotranspiração intensiva, bem como ao sistema radicular delicado e superficial. A irrigação por sulco, não é particularmente favorável em condições tropicais. Inegavelmente a aspersão é superior, inclusive pelo notável efeito de arrefecimento da planta e do solo e pela redução da perda de água pelas folhas.

Tendo em vista a relevância da irrigação para o desenvolvimento das plantas, é amplamente justificável que se busquem formas de otimização do uso e aproveitamento da água em todas as suas formas de utilização (SILVA *et al*, 2008).

3.3 Uso de VANTS na agricultura

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs) são plataformas aéreas com sofisticada eletrônica embarcada que permitem transportar diferentes sistemas de captura de imagens. Seus sistemas de controle permite voos com alta estabilidade com menor tempo de treinamento operacional. Devido seu tamanho compacto, facilidade de operação, segurança e menor custo operacional, os VANTs constituem uma interessante ferramenta para o mercado. Dentre as principais vantagens desses equipamentos destaca-se a facilidade de transporte, tempo curto de operação, obtenção de imagens com resolução superior às imagens de satélites e facilidade de acessar pontos difíceis (JORGE; INAMASU, 2014).

Os VANTs surgiram como uma importante ferramenta para a agricultura de precisão. Diversas são as aplicações desses veículos na agricultura que vem sendo favorecida e facilitada pelo atual cenário de desenvolvimento tecnológico, principalmente pelo menor custo e redução do tamanho dos equipamentos, devido a necessidade de otimização da produção (JORGE; INAMASU, 2014).

Molin (2004) descreve agricultura de precisão como um sistema de gestão, um conjunto de tecnologias e procedimentos com o objetivo de otimizar os sistemas de produção agrícola, tendo como fundamento a variabilidade da produção e dos fatores envolvidos. Para Pires *et al.* (2004), um dos pontos mais importantes apontados pela agricultura de precisão é mostrar a variabilidade das áreas agrícolas e apresentar alternativas de manejos que levem em consideração essa diversidade, dessa forma, cada local manifeste maior potencial de resposta, com menor impacto ambiental e baixo custo de produção.

O sensoriamento remoto caracteriza-se pela obtenção de informações sobre um objeto sem que haja um contato físico, e muitas vezes à longas distâncias. Atualmente, imagens de sensores remotos podem ser obtidas a partir de diversas plataformas, como satélites, aeronaves, veículos aéreos não tripulados, máquinas agrícolas autopropelidas etc (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

Segundo Pires *et al.* (2004), um dos papéis do sensoriamento remoto na agricultura de precisão é suprir a necessidade de repetitivas informações das condições do solo, bem como os atributos da cultura, incluindo condições fisiológicas das plantas e fatores abióticos.

O uso de drones na agricultura vem crescendo a cada dia devido às facilidades e benefícios nas tomadas de decisões, evitando assim, que o agricultor percorra toda a lavoura, ajudando a identificar falhas nas plantações, falta ou excesso de água, necessidade de utilização de defensivos, entre outras vantagens no uso dessa tecnologia (SABARÁ, 2018; POLONI, 2016). Para Abade *et al.* (2016) a versatilidade do sensoriamento remoto aliada a utilização dos drones constituem uma solução prática e menor custo do que os sistemas estacionários de sensoriamento.

Da Silva *et al.* (2019) avaliando estresse hídrico em cultivo de *Coffea canephora* utilizando o sensoriamento remoto, aplicando diferentes taxas de irrigação e o estresse hídrico foi determinado utilizando um drone que capta imagens na região do visível. A utilização do sensoriamento remoto na lavoura de café mostrou-se eficiente para a detecção de estresse hídrico.

Linhares *et al.* (2014) apresenta a viabilidade da aplicação do sensoriamento remoto na agricultura de precisão com um veículo aéreo não tripulado, onde o autor obteve correlação da

produtividade da cultura de soja por meio do índice de vegetação MPRI (Modified Photochemical Reflectance Index), que utiliza bandas no comprimento de onda do espectro eletromagnético do visível.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – câmpus Bambuí, Fazenda Varginha, Km 05 da estrada Bambuí/Medeiros, no município de Bambuí, região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais, sendo desenvolvido durante os meses de agosto e setembro de 2019. A área experimental possui localização geográfica central de 20°02'16" de latitude sul, 46°00'31" de longitude oeste e altitude média de 690 metros.

4.2 Preparo da área e análise de solo

A área onde foi desenvolvido o experimento possui solo classificado como Latossolo Vermelho. Os canteiros foram levantados utilizando uma rotoencanteiradora acoplada a um trator 15 dias antes do transplântio das mudas. Foram preparados quatro canteiros com dimensões de 0,30 m altura, 21,0 m de comprimento e 1,0 m de largura.

Para realização das análises química e física do solo, foi coletada uma amostra composta representativa da área experimental, com o auxílio de uma sonda coletando 20 amostras simples na profundidade de 0 a 0,20 m, sendo acondicionada em saco plástico e enviada ao Laboratório de Análises de Solos do IFMG *campus* Bambuí.

4.3 Implantação e condução da cultura

As mudas de alface utilizadas nesse experimento foram preparadas no setor de olericultura, onde as sementes de alface foram semeadas em bandejas de isopor de 200 células utilizando o substrato comercial Maxfértil®. A semeadura ocorreu no dia 10 de julho de 2019. A cultivar escolhida para o experimento foi a alface crespa SOLARIS (SRV 06511236 – Seminis).

Para realização da recomendação de calagem e adubação foi realizado a interpretação da análise química do solo, baseado no livro 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). O transplântio das mudas ocorreu no dia 5 de agosto de 2019, apresentando de 4 a 5 folhas formadas. As mudas foram cultivadas no espaçamento

de 30 cm entre linhas e 30 cm entre plantas e para maior uniformidade no plantio das mudas alface foi utilizado um gabarito com as dimensões desejadas no espaçamento.

Durante a condução do experimento, foi realizado o controle de plantas daninhas com capinas manuais. O controle fitossanitário foi realizado com vistorias diárias, sendo detectada a presença de Tripes (*Frankliniella schultzei*), praga que raspa as folhas deixando um aspecto queimado ou prateado podendo também transmitir viroses para a cultura. Para o controle dessa praga foram realizadas pulverizações com inseticida. Ao longo da condução desse experimento não foi constatada incidência de doenças.

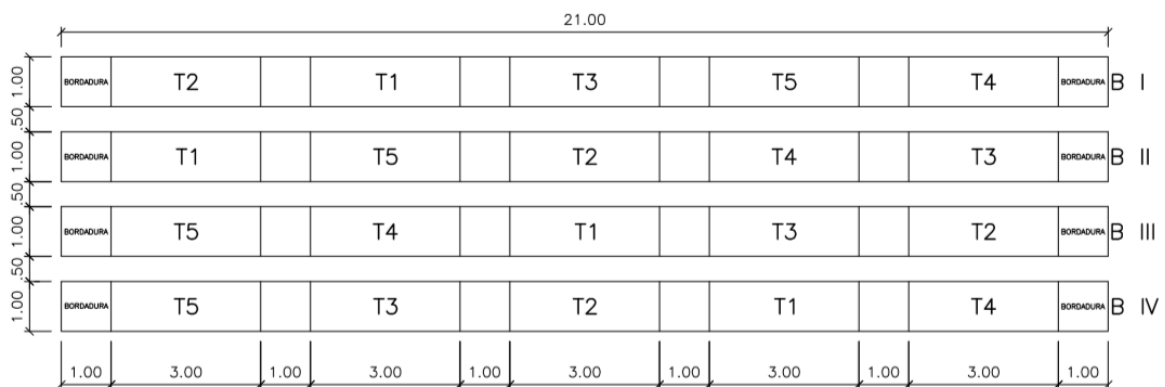
4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental aplicado foi blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos e 4 repetições, sendo os tratamentos definidos como, T1: Irrigação diária (Testemunha); T2: < 80% Índice de Suficiência de Água (ISA); T3: < 70% ISA; T4: < 60% ISA; T5: < 50% ISA, totalizando 20 unidades experimentais (Figura 1).

Cada parcela experimental era composta por um grupo de 30 plantas, cultivadas no espaçamento 30 cm x 30 cm, sendo as dimensões de cada parcela do canteiro de 1,0 m de largura por 3,0 m de comprimento, ocupando uma área de 3,0 m², com três linhas de alface (Figura 2).

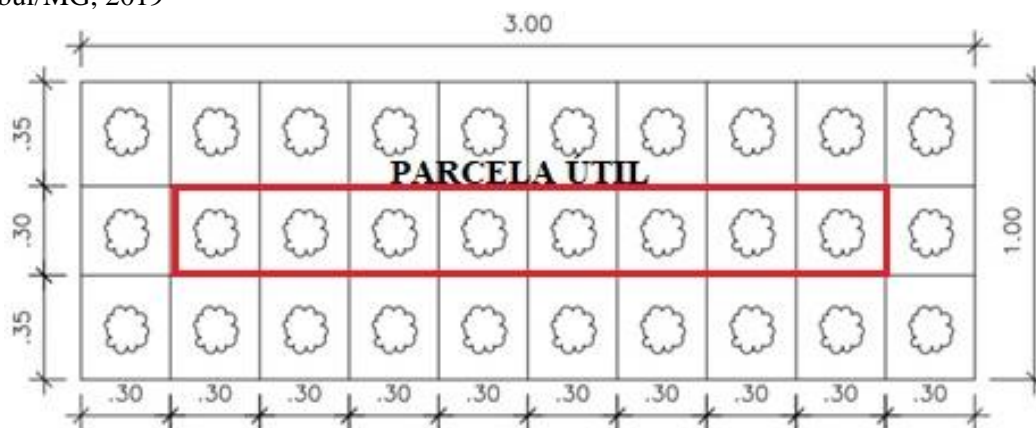
Foram consideradas como parcela útil, as oito plantas da fileira central do canteiro sendo descartadas uma planta no início e uma no final de cada parcela.

Figura 1 - Croqui da área experimental (medida em metros). IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: Adaptado de Silva (2018).

Figura 2 – Disposição das plantas dentro da unidade experimental (medidas em metros). IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: Adaptado de Silva (2018).

4.5 Condução do manejo da irrigação

Para o início do manejo da irrigação foi necessário elevar o solo a sua capacidade total de armazenamento de água (CTA), calculada entre a capacidade efetiva do sistema radicular da cultura da alface em relação ao teste de umidade. O teste de umidade foi realizado coletando três amostras aleatórias na profundidade de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm com o auxílio de um trado Uhland. As amostras coletadas foram levadas ao Laboratório de Bromatologia do IFMG câmpus Bambuí onde foram pesadas, obtendo o peso da massa úmida. Após esse processo as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa onde permaneceram por 48 horas na temperatura de 105°C, para assim obter a massa seca das mesmas.

Após a secagem foi possível calcular a massa de água, por meio da diferença da massa úmida e a massa seca. Com base nos dados obtidos do teste de umidade, foi determinada a umidade atual do solo (U_{atual}), a partir das médias da massa de água dividida pela média da massa seca, multiplicada por 100 para assim obter-se o resultado em porcentagem. Assim foi possível voltar o solo a capacidade de campo por meio da Equação 1.

$$CTA = (U_{cc} - U_{atual}) \times \rho \times L \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que:

- CTA: Capacidade Total de Armazenamento de água (mm);
- U_{cc} : Umidade do solo na Capacidade de Campo;

- U_{atual} : Umidade do solo atual;
- ρ : Densidade aparente do solo (g.cm^{-3}); e
- L : Profundidade efetiva do sistema radicular (mm).

As amostras realizadas no teste de umidade foram coletadas cinco dias antes do transplante das mudas e a irrigação para voltar o solo à capacidade de campo, foi realizada um dia antes do transplante com o auxílio de um sistema de irrigação por aspersão sendo aplicada a lâmina de água de forma homogênea nos canteiros.

Para obtenção do índice do estado hídrico das plantas, foram utilizados dados obtidos por meio de um drone, modelo DJI (Phantom 4 Pro), com câmera digital integrada que capta imagens compreendidas na faixa visível do espectro eletromagnético entre os comprimentos de onda de 400 e 700 nm. Diariamente, foram tomadas imagens aéreas, coletadas entre os horários de 10 horas da manhã até as 13 horas da tarde. Para que pudesse visualizar todas as parcelas experimentais em uma única imagem, o drone foi elevado a 20 metros de altura (Figura 3).

Figura 3 – Imagem captada pelo drone da área experimental. IFMG, Bambuí/MG, 2019

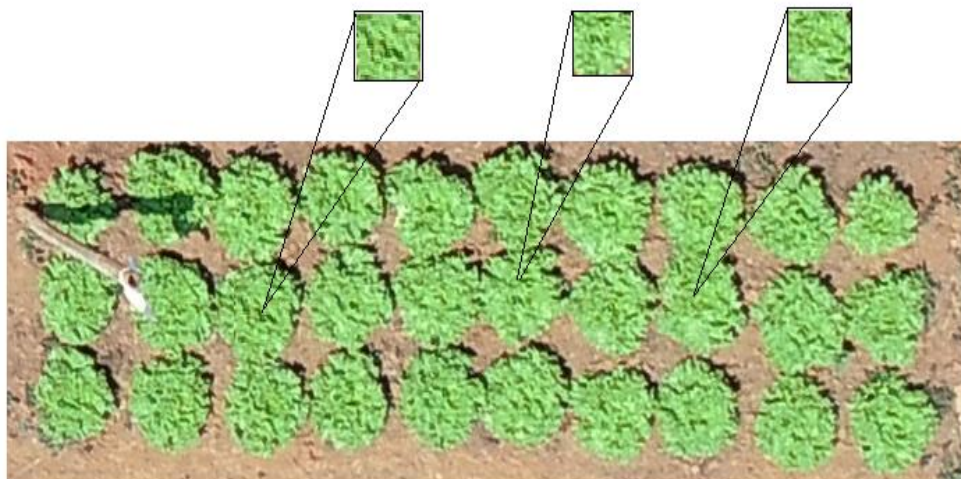


Fonte: A autora (2019).

Diariamente, após a coleta da imagem da área experimental em campo, foi realizado o recorte de 3 plantas da parcela útil de cada unidade experimental (Figura 4) utilizando o programa de edição PhotoScape X, salvando cada nova imagem correspondente a cada tratamento, bloco e repetição. O recorte das plantas de cada bloco possuía uma matriz de 20 x

20. Ao final de cada edição foram geradas 60 imagens correspondentes as 20 unidades experimentais diariamente.

Figura 4 – Modelo de recorte de cada parcela experimental. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

Os recortes foram processados com uso do Software livre SciLab, gerando uma média dos três recortes de cada parcela experimental. Com base nessa matriz resultante, essas foram separadas nas bandas do espectro visível (vermelho, verde e azul) e gerado o índice MPRI, para cada tratamento para cada bloco composto no delineamento, conforme a Equação 2.

$$\text{MPRI} = \frac{G - R}{G + R} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo que:

MPRI = Modified Photochemical Reflectance Index;

G = Região do visível, reflectância na banda verde; e

R = Região do visível, reflectância banda vermelho.

O MPRI foi proposto por Yang, Willis e Mueller (2008), baseado na diferença entre duas bandas, sendo utilizada a região do verde e do vermelho podendo observar a vegetação na faixa do visível.

Com uso do índice supracitado, foi calculada a porcentagem do Índice de Suficiência de Água (ISA), considerando que o T1 (Irrigação diária), está nas condições ideais em relação a exigência hídrica da planta. Esse índice foi utilizado como parâmetro para irrigação, sendo o Tratamento 1, e os demais tratamentos T2, T3, T4 e T5 quanto o ISA atingisse < 80%, < 70%,

< 60% e < 50% respectivamente, foi realizado a aplicação de uma lâmina fixa de 5 mm de irrigação. O ISA foi calculado para cada bloco de acordo com a Equação 3.

$$\text{ISA} = (T_n / T_1) * 100 \quad \text{Equação 3}$$

Onde $T_n = T_2; T_3; T_4; T_5$.

As irrigações nos primeiros 15 dias após o transplântio foram realizadas aplicando a mesma quantidade em todos os tratamentos, sendo esta uma lâmina fixa de 5 mm, com auxílio de medidor e um regador. O manejo da irrigação por meio da imagem iniciou-se no dia 19 de agosto de 2019, para que as plantas cultivadas em campo tivessem maior uniformidade e atingissem uma maior área foliar. A média de diâmetro de cabeça (cm) e número de folhas nessa fase de desenvolvimento da cultura foi de 18,8 e 5,7, respectivamente.

4.6 Variáveis analisadas

A colheita foi realizada 30 dias após o transplântio, sendo colhidas quando as plantas atingiram padrão vegetativo para serem comercializadas. A colheita foi realizada em 5 setembro de 2019, sendo colhidos todos os blocos e as variáveis analisadas foram em relação as oito plantas da parcela útil. As variáveis analisadas foram: altura e diâmetro da parte aérea, massa fresca, número de folhas, teor de clorofila, massa seca e produtividade.

4.6.1 *Altura da parte aérea*

A altura da parte aérea foi obtida com o auxílio de uma trena, na planta ainda no solo, partindo do colo até a extremidade da folha mais alta. A Figura 5 ilustra este procedimento.

Figura 5 - Aferição da altura da parte aérea. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

4.6.2 *Diâmetro da parte aérea*

Para determinação do diâmetro utilizou-se uma trena, considerando a distância perpendicular de uma extremidade a outra da planta em relação ao sentido do canteiro (Figura 6).

Figura 6 - Aferição do diâmetro da parte aérea. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

4.6.3 Massa fresca comercial

A massa fresca da parte aérea foi obtida após a separação da parte aérea do sistema radicular e a retirada das folhas externas que apresentavam coloração amarelada e/ou sintomas de queimadura em suas bordas. Efetuado esse procedimento, a parte aérea foi pesada em balança sendo os resultados expressos em gramas (Figura 7).

Figura 7 - Pesagem da massa fresca parte aérea. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

4.6.4 Número de folhas

Logo após a pesagem da massa fresca da parte aérea, as folhas das plantas foram separadas, procedendo posteriormente a contagem do número de folhas por planta. Sendo levadas em consideração e contadas somente as folhas que apresentaram comprimento maior ou igual a 3 cm. A Figura 8 ilustra um exemplo dessa separação.

Figura 8 - Separação das folhas de alface. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

4.6.5 Teor de clorofila

O teor de clorofila foi obtido pela média dos valores em três plantas de cada parcela útil, sendo separado uma folha de cada planta e realizando três leituras em cada folha. Para esse procedimento foi utilizado um medidor de clorofila Clorofilog (CFL1030) da marca Falcker de propriedade do IFMG, câmpus Bambuí (Figura 9).

Figura 9 – Aferição da porcentagem de clorofila nas folhas de alface. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

4.6.6 *Massa seca parte aérea*

Para determinação da massa seca da parte aérea, retirou-se o sistema radicular, onde as folhas foram colocadas em sacos de papel e acondicionadas a estufa a 60°C, até atingir peso constante. Após esse processo, com o auxílio de uma balança graduada realizou-se a pesagem. Foram utilizadas somente três plantas de cada parcela útil devido o espaço restrito da estufa utilizada. Na Figura 10 é ilustrado esse procedimento.

Figura 10 – Pesagem da matéria seca das folhas de alface. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

4.6.7 *Produtividade*

A partir das dimensões das unidades experimentais e do espaçamento entre plantas, estimou-se a população de plantas por hectare, posteriormente, a partir das médias do peso da parte aérea obtidos da parcela útil, foi calculada a produtividade, com os resultados expressos em t.ha⁻¹.

4.7 *Análise Estatística*

Com base no delineamento adotado, os dados foram submetidos à análise de variância com a realização do teste F e a análise de regressão ao nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional “Sisvar”, desenvolvido por Ferreira (2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Recomendação de calagem e adubação

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os resultados da análise química e física do solo da área experimental, respectivamente.

Tabela 1: Análise química da área experimental. IFMG, Bambuí/MG, 2019.

| | | |
|----------------------------|------------------------------------|--------|
| Prof. | cm | 0 - 20 |
| pH (H₂O) | | 6,8 |
| P | | 300,9 |
| K | | 610,0 |
| Ca | mg/dm ³ | 11,0 |
| Mg | | 1,32 |
| Al | | 0,0 |
| H + Al | | 1,60 |
| P (rem) | mg/L | 3,33 |
| B | | 0,4 |
| Cu | | 4,60 |
| Fe | mg/dm ³ | 26,70 |
| Mn | | 131,0 |
| Zn | | 12,0 |
| S | | 9,38 |
| V | % | 89,7 |
| T | cmol _c /dm ³ | 15,5 |
| t | | 13,9 |

Fonte: Laboratório de Solos – IFMG *campus* Bambuí (2019).

TABELA 2 - Análise física da área experimental. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| Prof. (cm) | Areia | Argila | Silte |
|-------------------|--------------------|---------------|--------------|
| | dag/kg | | |
| 0 - 20 | 8,0 | 59,6 | 32,4 |

Fonte: Laboratório de Solos – IFMG *campus* Bambuí (2019).

De acordo com a interpretação da análise química não foi necessário fazer a correção do solo, pois o pH e a saturação por bases encontravam-se na faixa ideal para o cultivo desta hortaliça, que segundo Filgueira (2008) e Souza *et al.* (2005), a faixa ideal de pH está localizada entre 6,0 a 6,8 e a saturação por base ideal é aproximadamente 70%.

A recomendação da adubação foi realizada de acordo com o 5ª Aproximação (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999), aplicando-se somente 150 kg.ha⁻¹ de N e 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, sendo que a dose de N foi aplicado parcelado em 3 vezes, plantio e duas coberturas e P₂O₅ aplicado todo no transplântio. Para a adubação de transplântio foi utilizado Sulfato de Amônio como fonte de N e o MAP como fonte de N e P₂O₅, aplicados na quantidade de 47 kg.ha⁻¹ e 100 kg.ha⁻¹ respectivamente, sendo os mesmos misturados de forma homogênea e aplicados em área total antes do transplântio e incorporado com auxílio de enxadas.

Na adubação de cobertura foi realizado apenas a aplicação de nitrogênio. Foram realizadas duas aplicações em cobertura, a primeira aos 10 dias após transplântio (DAT) e a segunda aos 20 DAT utilizando a Sulfato de Amônio. Em cada adubação aplicou-se a quantidade de 2,25 g.planta⁻¹, totalizando 60 kg.ha⁻¹ de N por aplicação.

5.2 Obtenção de dados para colocar o solo na capacidade de campo (CC)

Para dar início ao experimento foi necessário a determinação da lâmina de água (mm) para elevar o solo a CC. A determinação da umidade do solo foi realizada com base na curva de retenção de água do solo e o teste de umidade de acordo com as Tabelas 3 e 4, respectivamente.

TABELA 3 - Valores da curva característica de retenção de água no solo da área experimental. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| Protocolo | Referência do Cliente (cm) | Curva de Retenção (atm) | |
|--------------|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| | | 15 atm | 0,33 atm |
| | | Upmp (%) | Ucc (%) |
| 2808 | 0 – 10 | 26,97 | 39,47 |
| 2809 | 10 – 20 | 24,74 | 35,79 |
| 2810 | 20 – 30 | 25,25 | 35,22 |
| MÉDIA | | 25,65 | 36,83 |

Fonte: A autora (2019).

TABELA 4 - Valores do teste de umidade no solo da área experimental. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| Amostra | Massa de solo úmida (g) | Massa de solo seca (g) | Massa de água (g) | Umidade do solo (%) |
|--------------|-------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|
| 0 - 10 | 346,00 | 266,00 | 80,00 | 30,07 |
| 10 - 20 | 412,00 | 328,00 | 84,00 | 25,60 |
| 20 - 30 | 322,00 | 263,00 | 59,00 | 22,43 |
| MÉDIA | 360,00 | 285,67 | 74,33 | 26,03 |

Fonte: A autora (2019).

Após a obtenção dos dados do teste de umidade, foi possível identificar a densidade aparente do solo (ρ), sendo que este é um parâmetro importante na capacidade total de água (CTA), por meio da divisão da média de matéria seca pelo volume específico do trato Uhland, sendo o quociente, o valor da densidade aparente expresso em g.cm^{-3} .

- **Área (A) e Volume do trato Uhland (V)**

$$A = (3,1415 \times D^2) / 4$$

$$V = A \times h$$

$$A = (3,1415 \times 7^2) / 4$$

$$V = 38,48 \times 7$$

$$A = 38,48 \text{ cm}^2$$

$$V = 269,36 \text{ cm}$$

- **Densidade aparente do solo (ρ)**

$$\rho = m_s / v$$

$$\rho = 285,67 / 269,36$$

$$\rho = 1,06 \text{ g.cm}^{-3}$$

Após determinação da densidade aparente do solo, foram realizados os cálculos para determinação de capacidade total de armazenamento de água no solo (CTA). Esta fórmula leva em consideração a densidade do solo, a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, a umidade do solo na CC e no ponto de murcha permanente (pmp), sendo que para o cálculo da lâmina total com base no teste de umidade, é necessário substituir a umidade no pmp pela umidade atual do solo.

A profundidade efetiva do sistema radicular é considerada como aquela onde estão localizados 80% do sistema radicular da cultura, ou seja, a profundidade em que interessa controlar a umidade (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009). Segundo Marouelli, Silva e Silva (2008), a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura da alface nas diferentes fases de desenvolvimento é de 20 a 30 cm.

- **Capacidade total de armazenamento de água no solo (CTA)**

$$CTA = (UCC - U_{atual}) \times \rho \times L$$

$$CTA = (0,3683 - 0,2603) \times 1,06 \times 300$$

$$CTA = 34,43 \text{ mm}$$

A quantidade de água necessária para voltar o solo a capacidade de campo a uma profundidade de 30 cm encontrado pela fórmula da CTA foi de 34,43 mm, ou seja, 34,43 litros de água por m², sendo que a mesma foi aplicada com auxílio de um sistema de irrigação por aspersão um dia anterior ao transplante.

5.3 Avaliação da altura da parte aérea

Conforme a Tabela 5 foi apresentado o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica de altura (AP). O coeficiente de variação (CV) da porcentagem da AP correspondeu a 7,70%. Segundo Gomes (1982), esse valor é considerado baixo para experimentos em campo.

TABELA 5 - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica AP, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| F.V. | G.L. | QUADRADO MÉDIO |
|-------------|------|-------------------------------|
| | | AP (cm.planta ⁻¹) |
| Tratamento | 4 | 55,51 |
| Repetições | 3 | 4,35 |
| Erro | 12 | 1,57 |
| CV (%) | -- | 7,70 |
| Média Geral | -- | 16,32 |

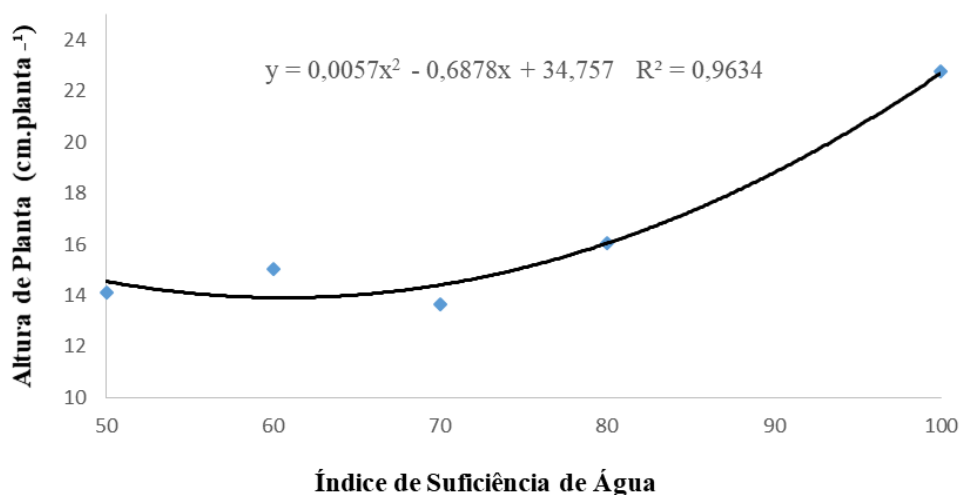
Fonte: A autora (2019).

De acordo com os dados da regressão apresentados na Figura 11, pode-se observar que a AP, foi influenciada pelo ISA, sendo que os resultados da análise demonstraram que essa característica pode ser explicada por uma regressão quadrática.

Esse modelo de aplicação de diferentes intervalos de irrigação, indicou um acréscimo na AP de alface, à medida que aumentou a frequência da aplicação de água, sendo o melhor tratamento a aplicação diária de 5mm, ou seja, medida em que se aumentou a reposição hídrica aumentou também a altura de planta. Isso pode ter ocorrido em função da alface ser muito exigente em água e essa demanda pela planta variou conforme o seu estágio de desenvolvimento (FILGUERA, 2008).

Esse tratamento proporcionou a maior AP, alcançando o valor médio de 22,78 cm.planta⁻¹, em que 96,34% das variações ocorridas nesta variável em função dos tratamentos, são explicadas pela regressão quadrática significativa, com nível de 5% de probabilidade.

Figura 11 - Valores médios observados e estimados da AP, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

Santos (2002) observou em seu estudo que o transporte e absorção de íons estão relacionados com o teor de umidade no solo, influenciando na produção e no acúmulo de fotoassimilados. Contudo, solos com déficit de água, acarretam menor absorção de nutrientes, sendo o principal transporte de nutrientes para as plantas, é extremamente dependente da água presente no solo, provocando menor desenvolvimento da cultura e altura de parte aérea.

Dourado *et al* (2014) avaliando o efeito da reposição de água no desenvolvimento e produtividade da alface utilizando a cultivar Regina utilizando as lamina de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150%) de acordo com as tensões de água no solo, encontrou um modelo linear de regressão, sendo observada a altura máxima de planta de 17 cm, para o nível de água de 150%. Esses resultados foram inferiores comparados com o presente trabalho.

5.4 Avaliação do diâmetro de cabeça

A Tabela 6 mostra o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para o parâmetro diâmetro de cabeça (DC). O CV da porcentagem do DC correspondeu a 11,14%. Conforme a classificação de Gomes (1982), esse valor é considerado médio para experimentos em campo.

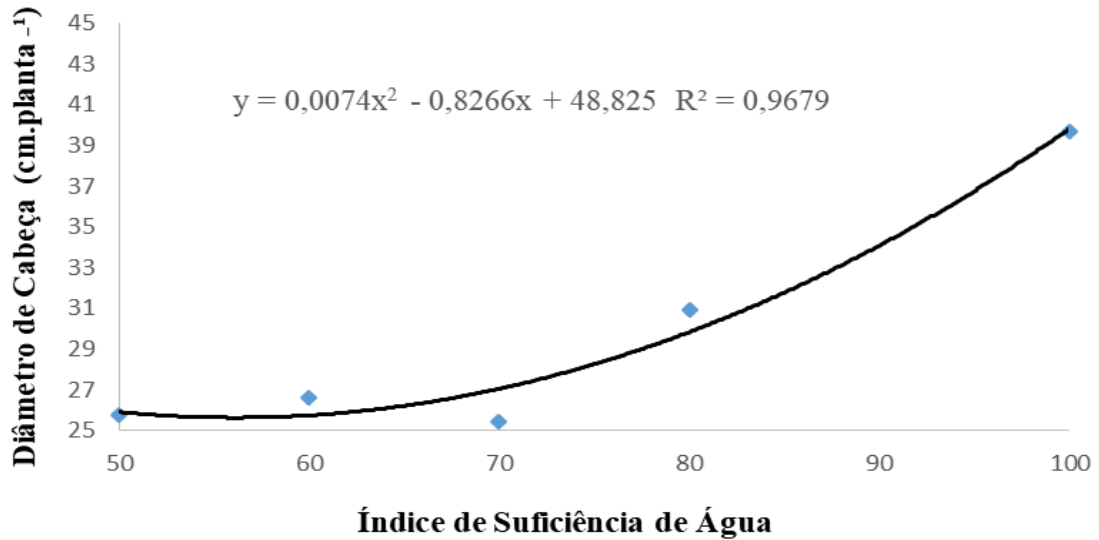
TABELA 6 - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica DC, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| F.V. | G.L. | QUADRADO MÉDIO |
|-------------|------|-------------------------------|
| | | DC (cm.planta ⁻¹) |
| Tratamento | 4 | 144,03 |
| Repetições | 3 | 0,3933 |
| Erro | 12 | 10,92 |
| CV (%) | -- | 11,14 |
| Média Geral | -- | 29,67 |

Fonte: A autora (2019).

Com base na análise de variância, o DC apresentou uma resposta quadrática significativa com nível de 5% probabilidade, em relação aos intervalos de irrigação, sendo que 96,79% das variações ocorridas são explicadas pela Figura 12. A irrigação diária de 5 mm, obteve o maior incremento de DC, obtendo uma média de 39,66 cm.planta⁻¹. O tratamento com ISA 80% atingiu uma média de 30,91 cm.planta⁻¹. O demais tratamentos T3, T4 e T5 obteve uma média de 25,41, 26,59, 25,78, respectivamente, não ocorrendo diferenças significativas.

Figura 12 - Valores médios observados e estimados do DC, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

Considerada uma das principais características da indústria de beneficiamento para obter elevados rendimentos no processamento, o DC serve também como parâmetro de seleção para os consumidores durante a aquisição do produto pelos fornecedores. Portanto quanto maior o DC, maior será a aceitação do produto no mercado (BUENO, 1998).

Segundo Prado e Casali (2006), no processo de transpiração quando a planta perde água para a atmosfera, o CO₂ é sintetizado e os nutrientes são melhor distribuídos devido à coluna de água do xilena ser puxada para cima. Nesse sentido, uma maior transpiração implica em um maior crescimento vegetativo. Portanto, o solo deve ter água disponível em quantidade suficiente para atender as demandas hídricas do vegetal.

5.5 Avaliação do número de folhas

A tabela 7 mostra o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica de número de folhas (NF). Segundo a classificação de Gomes (1982), a porcentagem do CV (5,29%) é considerado baixo para ensaios em campo.

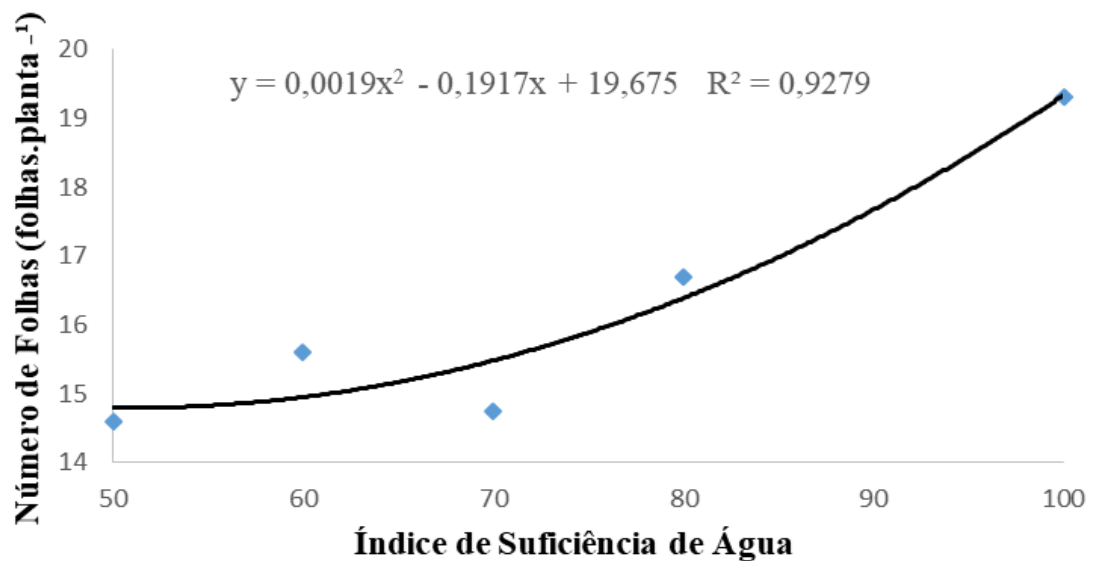
TABELA 7- Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica NF, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| F.V. | G.L. | QUADRADO MÉDIO |
|-------------|------|----------------|
| | | NF |
| Tratamento | 4 | 14,97 |
| Repetições | 3 | 4,70 |
| Erro | 12 | 0,7328 |
| CV (%) | -- | 5,29 |
| Média Geral | -- | 16,18 |

Fonte: A autora (2019).

De acordo com os dados da regressão apresentados na Figura 13, pode-se observar que o NF, foi influenciado pelo ISA, sendo que os resultados da análise demonstraram que esta característica pode ser explicada por uma regressão quadrática significativa com o nível de 5% de probabilidade. Os diferentes intervalos de irrigação, indicou no modelo quadrático uma aumento no NF da planta de alface, sendo a melhor resposta a esse parâmetro a irrigação diária, apresentando uma média de 19,31 folhas. Os tratamentos 3 e 5, onde foram aplicados o ISA de 70% e 50%, respectivamente apresentaram os menores resultados, sendo o NF de 14,75 e 14,59.

Figura 13 - Valores médios observados e estimados do NF, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

A redução da área foliar, quando se aplicou as menores lâminas de água, está relacionada com a baixa disponibilidade hídrica, uma vez que ocorre a redução do número de folhas para que assim, ocorra diminuição da perda de água por transpiração, e conseqüentemente, redução da taxa fotossintética, proporcionando menor crescimento (TAIZ; ZEIGUER, 2017).

O número de folhas por planta da alface é uma característica importante, já que aquisição do produto pelo consumidor é feita por unidade e não por peso (MOTA et al., 2001).

Silva (2017), avaliando o crescimento e a produtividade da alface em função da reposição hídrica utilizando 50%, 80%, 100% e 120% da capacidade de campo do vaso, obteve em seu estudo uma regressão linear crescente, em que a medida que aumentou a reposição hídrica obteve-se maior desempenho (18,5 folhas/planta). Sendo esses valores próximos ao encontrado nesse estudo.

5.6 Avaliação da massa fresca comercial

Na Tabela 8 foi apresentado o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica massa fresca da parte comercial (MFPC). O CV da porcentagem da MFPA correspondeu a 15,96%. Segundo Gomes (1982), esse valor é considerado médio para experimentos em campo.

TABELA 8 - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica MFPC, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| F.V. | G.L. | QUADRADO MÉDIO |
|-------------|------|---------------------------------|
| | | MFPC (Kg.planta ⁻¹) |
| Tratamento | 4 | 0,057651 |
| Repetições | 3 | 0,001615 |
| Erro | 12 | 0,000891 |
| CV (%) | -- | 15,96 |
| Média Geral | -- | 0,1870 |

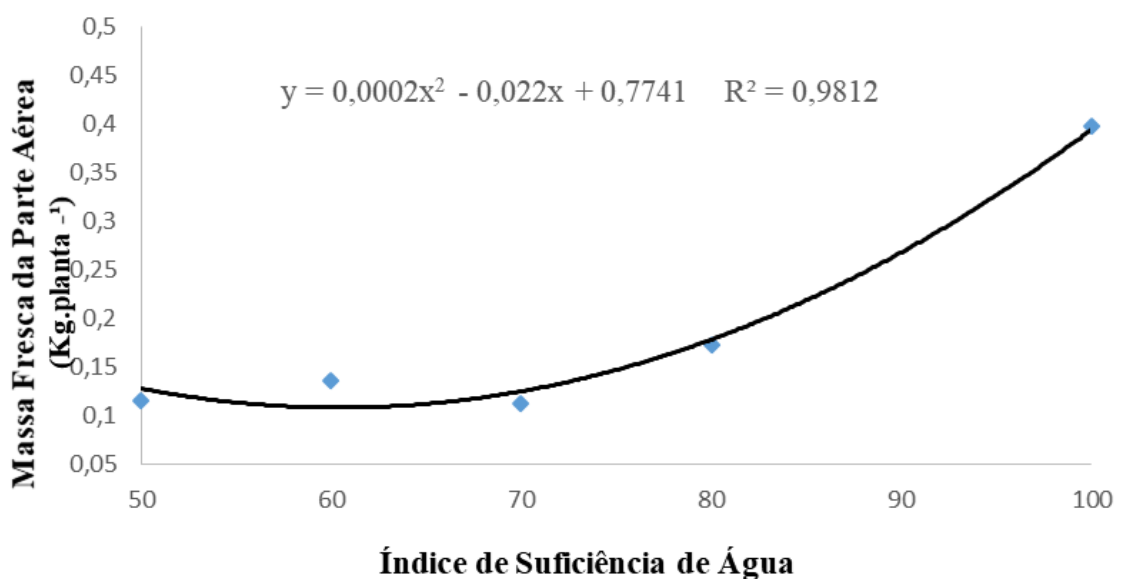
Fonte: A autora (2019).

De acordo com os dados da regressão apresentados na Figura 14, observou-se que MFPC foi influenciada pelos intervalos de irrigação, sendo que os resultados da análise demonstraram que esta característica pode ser explicada por uma regressão quadrática

significativa com nível de 5% probabilidade, tendo o coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9812.

A MFPC obteve a maior índice com o turno de rega diário de 5mm, alcançando uma média de 0,397 Kg.planta⁻¹. O tratamento aplicando um ISA < 80% obteve uma média de 0,173 kg.planta⁻¹. Entre os tratamentos utilizando o ISA 70% e 50%, não houve diferença significativa 0,112 Kg.planta⁻¹ e 0,116 Kg.planta⁻¹, respectivamente.

Figura 14 - Valores médios observados e estimados da MFPC, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

Segundo Paiva *et al.*, (2005), a diminuição de água no solo, causa a diminuição do potencial de água nas folhas e de sua condutância estomática, ocasionando o fechamento dos estômatos. Deste modo ocorre o bloqueio do fluxo de CO₂ para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, ocasionando um mau desenvolvimento e crescimento da planta, deixando a mesma com uma massa fresca da parte aérea diminuta.

Silveira *et al* (2015) avaliando a produção de alface americana com diferentes níveis de irrigação, baseados na evaporação do mini-tanque evaporímetro (50%; 100%; 200%; e 250%), a cada aumento na porcentagem de irrigação aumentou a matéria fresca. O tratamento 200% apresentou o máximo ganho de matéria fresca com 134,25g. Com o tratamento 250% observou-se uma curva regressiva de produção quando submetida a excessivas quantidades de água.

O aumento no crescimento da parte aérea é provavelmente consequência do maior desenvolvimento do sistema radicular, o que proporcionou acréscimo na absorção de água e de nutrientes do solo, potencializando o crescimento da parte aérea (TAIZ; ZIEGER, 2017).

5.7 Avaliação da matéria seca da parte aérea

De acordo com a Tabela 9 foi apresentado o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica matéria seca da parte aérea (MSPA). Segundo a classificação de Gomes (1982), a porcentagem do CV (9,28%) é considerado baixo para ensaios em campo.

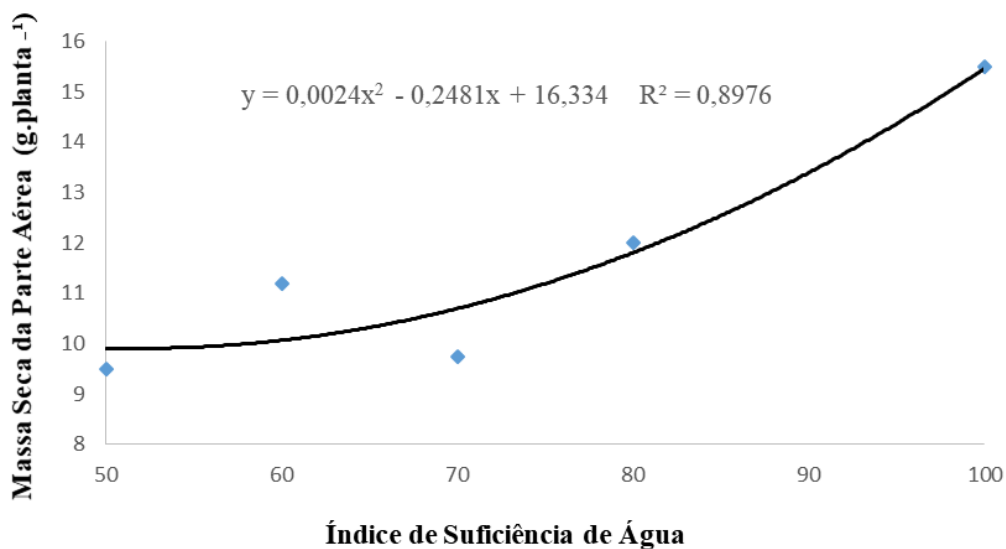
TABELA 9 - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica MSPA, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| F.V. | G.L. | QUADRADO MÉDIO |
|-------------|------|---------------------------------|
| | | MSPA (kg.planta ⁻¹) |
| Tratamento | 4 | 0,000023 |
| Repetições | 3 | 0,000005 |
| Erro | 12 | 0,000001 |
| CV (%) | -- | 9,28 |
| Média Geral | -- | 0,0116 |

Fonte: A autora (2019).

A análise de variância da MSPA pode ser explicada pela equação quadrática significativa com nível de 5% de probabilidade. Desta forma, os intervalos de irrigação adotados nesse estudo apresentaram variações no peso da MSPA, sendo a irrigação diária o melhor tratamento para esse parâmetro, possuindo um coeficiente de determinação de 89,76%, conforme a Figura 15, apresentando uma média de 15,5 g.planta⁻¹. A média do tratamento utilizando 80% do ISA alcançou 12,0 g.planta⁻¹.

Figura 15 - Valores médios observados e estimados da MSPA, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

Segundo Alvarenga (1999), se uma planta ou parte dela tiver menor teor de matéria seca, essa planta ou parte apresentará mais água em sua constituição, o que pode ser considerado desejável, no caso da alface, porque a deixa mais tenra e com melhor sabor, apesar de causar uma durabilidade pós-colheita menor.

Schumacher *et al.* (2012), obtiveram resultados superiores comparados a este estudo, trabalhando com cultivar de alface Veneranda, sendo a média obtida para MSPA de 23,33 g.planta⁻¹. Siqueira *et al.*, (2011), obtiveram valores médios de 2 g.planta⁻¹ para massa seca de folhas utilizando a cultivar Scarlet, sendo inferiores quando comparados aos encontrados nesse estudo.

5.8 Teor de clorofila

Conforme a Tabela 10 foi apresentado o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a porcentagem do teor de clorofila (TC). De acordo com a classificação de Gomes (1982), o CV obtido na análise (6,97%) é considerado baixo para experimentos conduzidos em campo.

TABELA 10 - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica TC, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019

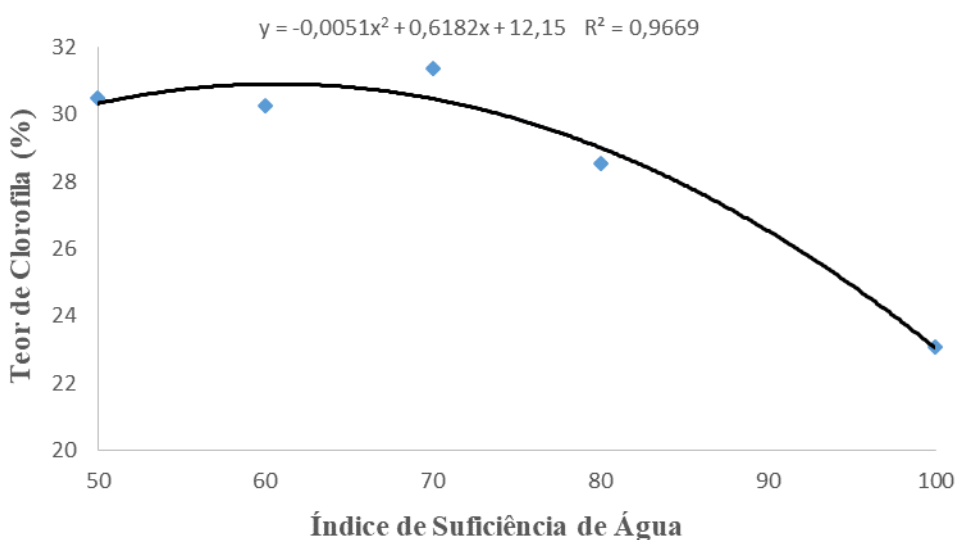
| F.V. | G.L. | QUADRADO |
|-------------|------|----------|
| | | MÉDIO |
| | | TC (%) |
| Tratamento | 4 | 44,21 |
| Repetições | 3 | 12,26 |
| Erro | 12 | 4,01 |
| CV (%) | -- | 6,97 |
| Média Geral | -- | 28,75 |

Fonte: A autora (2019).

De acordo com os dados da regressão apresentados na Figura 16, observou-se que TC foi influenciada pelo ISA, sendo que os resultados da análise demonstraram que esta característica pode ser explicada por uma regressão quadrática significativa, com nível de 5% probabilidade, tendo o coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9669.

O maior de TC foi obtido com o tratamento < 50% ISA, alcançando uma média de 30,50%. O tratamento aplicando a irrigação diária obteve o menor índice com 23,09%, ou seja, o tratamento recebeu a maior quantidade de água obteve menor porcentagem de clorofila.

Figura 16 - Valores médios observados e estimados do TC, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

O tratamento com maior índice hídrico teve uma maior resposta na região do espectro visível na banda do verde, quando comparado aos demais tratamentos que tiveram um déficit

hídrico. Essa variação apresentada na folha verde encontrada na região da banda do visível é produzida por pigmentos como clorofila, xantofilas e carotenos (STEFFEN, 2008).

O teor de clorofilas nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

As clorofilas são pigmentos naturais abundantes presentes nas plantas e ocorrendo nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. As diferenças aparentes na cor do vegetal são devido à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados como carotenoides, os quais acompanham as clorofilas (ELBE, 2000).

5.9 Avaliação da produtividade

Na Tabela 11 foi apresentado o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica de produtividade (PD) da cultura da alface submetida a diferentes intervalos de irrigação. O CV para esse parâmetro analisado atingiu um percentual de 15,96. Para Gomes (1982), em experimentos de campo esse valor é considerado médio.

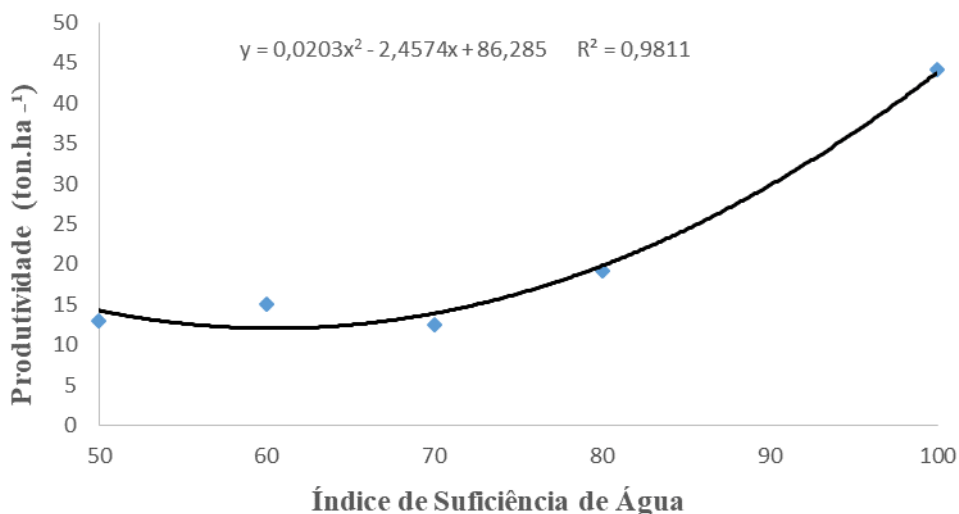
TABELA 11 - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a característica PD, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| F.V. | G.L. | QUADRADO |
|-------------|------|--------------------------|
| | | MÉDIO |
| | | PD (t.ha ⁻¹) |
| Tratamento | 4 | 20,20 |
| Repetições | 3 | 713,38 |
| Erro | 12 | 10,97 |
| CV (%) | -- | 15,96 |
| Média Geral | -- | 20,76 |

Fonte: A autora (2019).

No caso da PD, as variações ocorridas podem ser explicadas pela regressão quadrática significativa a 5% de probabilidade com coeficiente de determinação igual a 0,9811, conforme exposto na Figura 17. A resposta quadrática aponta que houve um acréscimo na PD, à medida que diminuiu os intervalos de irrigação, atingindo o máximo valor de 44,18 t.ha⁻¹ o tratamento com a irrigação diária.

Figura 17 - Valores médios observados e estimados da PD, em função do ISA. IFMG, Bambuí/MG, 2019



Fonte: A autora (2019).

Salomão *et al* (2014), avaliando a influência do turno de rega e a eficiência da água de irrigação na cultura da alface verificaram que o turno de rega de três e quatro dias ocasionou queda significativa na eficiência do uso da água e produtividade, ou seja, quanto maior o intervalo de uma irrigação para outra maior é a perda de eficiência de água e produtividade, mostrando que a cultura da alface é sensível a elevados déficit de água.

De acordo com Marouelli, Silva e Silva (2017), variações no teor de água do solo como o déficit hídrico ou o excesso de água, afetam negativamente o desenvolvimento da planta, ocasionando a diminuição da qualidade e produtividade.

Para Guimarães (1988), o déficit hídrico ocasiona murchamento das plantas, prejudicando sua fisiologia, culminando em queda de produtividade. Por outro lado, lâminas excessivas provocam um ambiente com falta de aeração para as plantas, bem como favorecem a disseminação de doenças e perdas de nutrientes por lixiviação (SANTANA, 2007).

Para todas as variáveis analisadas, podemos reparar pouca variação de amplitude na resposta em relação aos valores 50, 60, 70 e 80 do índice de suficiência de água. Assim, o índice proposto, não mostrou-se satisfatório para o manejo do intervalo de irrigação para a cultura da alface.

6 CONCLUSÃO

Todas as variáveis analisadas foram influenciadas pelos intervalos de irrigação adotados nesse trabalho determinados pelo Índice de Suficiência de Água proposto, sendo o melhor tratamento a irrigação diária com uma lâmina fixa de 5mm para a cultura da alface.

O uso de veículo aéreo não tripulado com câmera digital integrada que captam imagens compreendidas na faixa visível, para cálculo de índice de vegetação de diferença normalizada entre os comprimentos de onda do verde e vermelho, não se mostrou eficiente para o manejo da irrigação da cultura da alface a partir da refletância da planta.

Como possíveis trabalhos futuros pode-se apontar a utilização de outros índices para determinação do manejo da irrigação tendo como base a resposta espectral da planta. A aplicação do ISA em diferentes culturas, as quais tenham uma maior ciclo produtivo e a necessidade hídrica varie de acordo com cada fase de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADE, A. *et al.* A construção otimizada de um drone para aplicações na agricultura e pecuária de precisão. **Anais da Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) – Regional de Mato Grosso**, v. 7, Dezembro 2016. ISSN 2447-5386.
- ALENCAR, T. A. S. *et al.* Efeito de intervalos de aplicação de urina bovina na produção de alface em cultivo protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 53 - 67, 2012. ISSN 1981-8203.
- ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicado via foliar**. 1999. 117 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 605-610, Out/Dez 2003. ISSN 0102-0536.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ª. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p. ISBN 85 7269 242 8.
- BRUNINI, O. *et al.* Temperatura-base para alface cultivar "white boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v. 35, n. 1, p. 213-219, 1976. ISSN 0006-8705.
- BUENO, C. R. **Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido**. 1998. 54 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. 1ª. ed. Viçosa: SBCS, 1999. 359 p.
- DA SILVA, M. B. *et al.* SENSORIAMENTO REMOTO NA DETECÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO EM LAVOURA DE COFFEA CANEPHORA PIERRE. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019.
- DOS SANTOS, O. L.; PADOLFI, A. S.; RAMALDES, G. P. Análise de índice de vegetação através de imagens obtidas por vant. **Revista Científica da FAESA**, Vitória, v. 14, n. 1, p. 145-165, 2018. ISSN 1809-7367.
- DOURADO, L. G. A.; KOETZ, M.; BONFIM-SILVA, M. D., SILVA, T. J.A.; GUIMARÃES, S. L. **Reposição de água na cultura da alface lisa com a utilização do irrigas em ambiente protegido**. Centro científico conhecer, 2014.
- ELBE, J. H.von. Colorantes. IN:FANNEMA, O. W. (Ed). **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza:Wisconsin, 2000. P. 782-799.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Catálogo Brasileiro de Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010. 60 p.

FERNANDES, A. A. *et al.* Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002. ISSN 0102-0536.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. 4, SÃO CARLOS. **Anais**. São Carlos: SIB, 2000. p. 255 - 258.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p. ISBN 978-85-7269-313-4.

GUIMARÃES, C. M. **Efeitos fisiológicos do estresse hídrico**. In: ZIMMERMANN, M. J. O; 1998.

GOMES, F. P.; **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1982.

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C., *et al.* **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 8, p. 109-134. ISBN 978-85-7035-352-8.

LINHARES, M. M. A.; AMARAL, B. A. S.; COSTA, A. P., ROCHA, N. C.; CÂNDIDO, L. G. Vant's Aplicados ao Monitoramento Da Evolução Vegetativa de Culturas Agrícolas. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP. São Pedro - SP, 2014. Disponível em: <https://www.sbea.org.br/conbap/2014/trabalhos/R0062-2.PDF>

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª. ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p. ISBN 9788572693738.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 4ª. ed. Brasília: Embrapa, 2017. ISBN 978-85-7035-648-2.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliça: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2ª. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p. ISBN 978-85-7383-428-4.

MOLIN, J. P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. PIRACICABA **Anais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. p. 10. Disponível em: <http://afurlan.com.br/lap/cp/assets/layout/files/tc/cgr-10_d.pdf>. Acesso em: 22 set 2019.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory- and field-derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric, resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, v. 234, n. 2, p. 153 - 157, Julho 2001. ISSN 1573-5036.

MOTA, J. H.; SOUZA, R. J.; SILVA, E. C.; CARVALHO, J. G.; YURI, J. E. Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 542-549, 2001.

OLIVEIRA, A. C. B. *et al.* Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, abr/jun 2004.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 25, p. 161-169. 2005.

PHOTO SCAPE X versão 3.7 Disponível em: < [http:// photosca pe.org /ps/main/d ownload.p hp?lc=es](http://photoscape.org/ps/main/download.php?lc=es)>.

PIRES, J. L. F. *et al.* **Discutindo Agricultura de Precisão**: aspectos gerais. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 18 p. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm>. Acesso em: 19 out 2019. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 42).

POLONI, K. M. **Identificação de direção de imageamento em vídeos aéreos**. 2016. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2016. Disponível em: <http://www.uel.br/cce/dc/wp-content/uploads/TCC-KATIA_MARIA_POLONI-BCC-UEL-2015.pdf> Acesso em 10 out 2019.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C.A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri, SP: Manole, 2006. 448 p.

RESENDE, F. V. *et al.* Cultivo de Alface em Sistema Orgânico de Produção. **Embrapa Hortaliças**, Brasília, p. 16, Novembro 2007. ISSN 1415-3033. (Circular Técnica 56).

SABARÁ, H. H. R. **O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) na identificação do percevejo marrom em lavouras de soja usando técnicas de reconhecimento de padrões e aprendizado de máquinas**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2018.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. D. Retrospectiva e tendência da alficultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 2, p. 187-194, abr/jun 2012. ISSN 0102-0536.

SALOMÃO, L. C. *et al.* Influência do turno de rega na eficiência do uso da água de irrigação e na produtividade de plantas de alface cultivadas em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 29-39, 2014.

SANTANA, M.J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão da irrigação**. 2007. 102 p. Tese Doutorado em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

SANTANA, C. V. S.; ALMEIDA, A. C.; TURCO, S. H. N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do submédio São Francisco – BA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 3, p. 1 - 6, jul/set 2009.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998. ISSN 1415-4366.

SANTOS, S. R. **Alface americana cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo**. 2002. 79f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavra. Lavras. 2002.

SCILAB versão 5.5.2 Disponível em: < https://help.scilab.org/docs/5.5.2/pt_BR/index.html >.

SCHAFFER, V. F. **Produção de alface na região mesoclimática de Santa Maria, RS**. 2009. 68f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2009.

SCHUMACHER, P. V.; MOTA, J. H.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Competição de cultivares de alface em Jataí – GO. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. S2727-S2731, 2012.

SHIRATSUCHI, L. S. *et al.* Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C., *et al.* **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1^a. ed. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 4, p. 58-73. ISBN 978-85-7035-352-8.

SILVA, L. C. da. Efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre os componentes de produção e rentabilidade da cultura da alface cultivada em ambiente protegido. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Bacharel em Agronomia. IFMG- Campus Bambuí. Bambuí, 2018, p-91.

SILVA, A. R. da. **Crescimento e a produtividade da alface em função da reposição hídrica**. Trabalho de Conclusão de Curso:Areia/PB. 2017. p:24

SILVA, P. A. M. *et al.* Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1266 - 1271, ago 2008. ISSN 1981-1829.

SILVEIRA, L. DA; ROSA, H. A; MULLER, F.; SANTOS, F., R.. Eficiência de diferentes níveis de irrigação na cultura da alface americana (*lactuca sativa* L.). **Revista: Cultivando o saber**. Ed especial p:25-34; 2015.

SOUSA, V. S. *et al.* Desempenho de alfases do grupo solta crespa cultivadas no verão em Jataí-GO. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, Ilha Solteira, v. 27, n. 3, p. 288 - 296, 2018. ISSN 2446-8355.

SIQUEIRA, J. V. M; SEABRA JUNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DIAMANTE, M. S.; SANTOS, F. A. S.; PINTO, E. C. S. Desempenho de cultivares de alface crespa durante verão chuvoso em Cáceres-MT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, 2011.

SOUZA, P. A. *et al.* Características químicas de folhas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 754-757, Setembro 2005.

STEFFEN, C.A. **Introdução ao sensoriamento remoto, 2008**. 11p. Disponível em:
<<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: ARTMED. 2017. 888p.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. **Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy**. In: Pecora – The Future of Land Imaging... Going Operational, 17. 2008, Denver, Colorado, USA. Proceedings... Maryland: (ASPRS), 2008

APÊNDICE

APÊNDICE A – Quantidade de irrigação diárias e totais por tratamento durante a execução do experimento aplicando o intervalo de irrigação.

TABELA 12 - Quantidade de irrigação diárias e totais por tratamento do bloco 1 durante a execução do experimento aplicando o intervalo de irrigação. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| DATA | Un. EXP. (m ²) | T1(mm) | T2(mm) | T3(mm) | T4(mm) | T5(mm) |
|------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 05/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 06/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 07/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 08/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 09/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 10/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 11/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 12/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 13/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 14/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 15/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 16/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 17/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 18/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 19/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 20/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 21/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 22/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | 5,00 | - |
| 23/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 24/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | 5,00 | - |
| 25/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 26/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 27/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 28/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 29/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 30/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 31/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 01/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 02/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 03/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 04/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| Total acumulado | | 155,00 | 75,00 | 75,00 | 85,00 | 75,00 |

Fonte: A autora (2019).

TABELA 13 - Quantidade de irrigação diárias e totais por tratamento do bloco 2 durante a execução do experimento aplicando o intervalo de irrigação. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| DATA | Un. EXP. (m ²) | T1(mm) | T2(mm) | T3(mm) | T4(mm) | T5(mm) |
|------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 05/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 06/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 07/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 08/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 09/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 10/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 11/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 12/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 13/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 14/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 15/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 16/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 17/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 18/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 19/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 20/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 21/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | - | - | - |
| 22/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 23/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 24/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | 5,00 | - |
| 25/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 26/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 27/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 28/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 29/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 30/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | -- | - | - |
| 31/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 01/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 02/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 03/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 04/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| Total acumulado | | 155,00 | 80,00 | 75,00 | 80,00 | 75,00 |

Fonte: A autora (2019).

TABELA 14 - Quantidade de irrigação diárias e totais por tratamento do bloco 3 durante a execução do experimento aplicando o intervalo de irrigação. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| DATA | Un. EXP. (m ²) | T1(mm) | T2(mm) | T3(mm) | T4(mm) | T5(mm) |
|------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 05/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 06/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 07/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 08/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 09/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 10/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 11/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 12/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 13/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 14/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 15/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 16/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 17/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 18/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 19/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 20/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 21/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 22/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | 5,00 | - |
| 23/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 24/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | 5,00 | - |
| 25/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 26/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 27/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 28/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 29/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 30/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 31/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 01/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 02/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 03/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 04/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| Total acumulado | | 155,00 | 75,00 | 75,00 | 85,00 | 75,00 |

Fonte: A autora (2019).

TABELA 15 - Quantidade de irrigação diárias e totais por tratamento do bloco 4 durante a execução do experimento aplicando o intervalo de irrigação. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| DATA | Un. EXP. (m ²) | T1(mm) | T2(mm) | T3(mm) | T4(mm) | T5(mm) |
|------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 05/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 06/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 07/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 08/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 09/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 10/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 11/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 12/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 13/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 14/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 15/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 16/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 17/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 18/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 19/08/2019 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 20/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 21/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 22/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 23/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 24/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 25/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 26/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 27/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 28/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 29/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 30/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 31/08/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 01/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 02/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 03/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| 04/09/2019 | 3,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| Total acumulado | | 155,00 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 75,00 |

Fonte: A autora (2019).

APÊNDICE B – Dados climáticos obtidos durante a condução do experimento.

TABELA 16 - Dados climáticos obtidos durante a condução do experimento. IFMG, Bambuí/MG, 2019

| DATA | T. max (°C) | T. min (°C) | T. med (°C) | Chuva (mm) |
|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 05/08/2019 | 17,33 | 16,29 | 16,81 | 1,8 |
| 06/08/2019 | 17,52 | 16,48 | 17,00 | 0 |
| 07/08/2019 | 17,70 | 16,65 | 17,18 | 0 |
| 08/08/2019 | 17,87 | 16,79 | 17,33 | 0 |
| 09/08/2019 | 18,01 | 16,87 | 17,44 | 0 |
| 10/08/2019 | 18,08 | 16,93 | 17,50 | 0 |
| 11/08/2019 | 18,15 | 17,00 | 17,57 | 0 |
| 12/08/2019 | 18,21 | 17,05 | 17,63 | 0 |
| 13/08/2019 | 18,28 | 17,07 | 17,67 | 0 |
| 14/08/2019 | 18,30 | 17,06 | 17,68 | 0 |
| 15/08/2019 | 18,28 | 17,05 | 17,67 | 0 |
| 16/08/2019 | 18,30 | 17,07 | 17,68 | 0 |
| 17/08/2019 | 18,36 | 17,11 | 17,74 | 0 |
| 18/08/2019 | 18,45 | 17,18 | 17,81 | 0 |
| 19/08/2019 | 18,55 | 17,27 | 17,91 | 0 |
| 20/08/2019 | 18,65 | 17,38 | 18,01 | 0 |
| 21/08/2019 | 18,76 | 17,50 | 18,13 | 0 |
| 22/08/2019 | 18,80 | 17,61 | 18,21 | 0 |
| 23/08/2019 | 18,80 | 17,67 | 18,23 | 0 |
| 24/08/2019 | 18,75 | 17,69 | 18,22 | 0 |
| 25/08/2019 | 18,70 | 17,67 | 18,19 | 0 |
| 26/08/2019 | 18,64 | 17,63 | 18,13 | 0 |
| 27/08/2019 | 18,60 | 17,61 | 18,10 | 0 |
| 28/08/2019 | 18,58 | 17,61 | 18,09 | 0 |
| 29/08/2019 | 18,53 | 17,58 | 18,05 | 0 |
| 30/08/2019 | 18,50 | 17,55 | 18,02 | 0 |
| 31/08/2019 | 18,50 | 17,54 | 18,02 | 0 |
| 01/09/2019 | 18,50 | 17,54 | 18,02 | 0 |
| 02/09/2019 | 18,52 | 17,59 | 18,05 | 0 |
| 03/09/2019 | 18,58 | 17,65 | 18,12 | 0 |
| 04/09/2019 | 18,65 | 17,71 | 18,18 | 0 |

Fonte: A autora (2019).