Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da gérbera (*Gerbera jamesonii*) em ambiente protegido

Jéssica Garcia Nascimento

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2018

Jéssica Garcia Nascimento
Engenheira Agrícola e Ambiental

Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da
gérbera (*Gerbera jamesonii*) em ambiente protegido
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador
Prof. Dr. **SÉRGIO NASCIMENTO DUARTE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Nascimento, Jéssica Garcia

Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da gérbera (*Gerbera jamesonii*) em ambiente protegido / Jéssica Garcia Nascimento. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

95 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Floricultura 2. Plantas ornamentais 3. Salinidade 4. Nutrição mineral
5. Manejo de irrigação I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Valéria Vieira Marques Garcia e Alex Fabiano do Nascimento,

por todo incentivo, esforço e amor oferecidos em abundância durante toda minha vida,

DEDICO.

À minha amada avó

Lalis,

por se orgulhar das minhas pequenas vitórias e
ser um verdadeiro anjo na vida de tantas pessoas,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela constante proteção e força durante toda minha vida. Por ter me amparado nos momentos de desespero, me iluminado e me dado sabedoria ao longo desta jornada.

Aos meus pais, Valéria e Alex, por sempre acreditarem em mim e se esforçarem por minha educação. Por serem meus verdadeiros exemplos.

À minha avó, Maria Eulália, por me cobrir de amor e me ensinar os valores da vida.

Aos meus irmãos, Edson, Bruno e Hugo, pela amizade e companheirismo que me fizeram superar as dificuldades que surgiram durante a execução deste trabalho.

À Leandra, Gilmara, Patrícia, Nelma e Simone, por serem anjos repletos de luz.

Ao Rogério Lavanholi, por ter sido meu porto seguro e refúgio durante o curso de Mestrado. Por ter me dado forças nos momentos mais difíceis. Por acreditar em mim e sonhar comigo os meus sonhos.

À Thuane, por sempre dividir comigo as felicidades e desafios de todos os dias. Por ser amiga e irmã e me incentivar a todo momento. Por ter contribuído de maneira única com meu crescimento pessoal e profissional.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, pela oportunidade de cursar o Mestrado em uma instituição de ensino de excelência.

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Ao meu orientador, Professor Dr. Sergio Nascimento Duarte, pela orientação, amizade, cuidado, incentivo e confiança na execução dos trabalhos propostos.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Paulo Hercílio Viegas Rodrigues, pelos ensinamentos e amizade.

Ao Professor Dr. Marcos Vinícius Folegatti e ao João Paulo pela amizade, empréstimo e instalação dos sensores utilizados neste trabalho.

Aos membros da banca de qualificação, Professor Dr. Rubens Coelho, Professor Dr. Fernando Barbosa e Professora Dra. Simone Mello, pelas contribuições concedidas.

À Professora Dra. Sônia Piedade pela contribuição nas análises estatísticas e ao Professor Bianchi pelo auxílio nas traduções, ensinamentos, atenção e amizade.

Ao Professor Dr. Fábio Marin e ao colega Alexandre Ortega pelo empréstimo e instalação de sensores essenciais para a execução do presente trabalho.

Ao Christian e à Jéssica Jacob, por todo o apoio e auxílio com minhas gérberas.

À Cristiane Calaboni, à Ana e às colegas do Laboratório de Pós-Colheita, que me auxiliaram em tantas análises e compartilharem muitos conhecimentos.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Davilmar, Beatriz, Angela, Sr. Antônio, Paula Bonassa, Sr. Luiz Custódio, Antônio Pires, Fernando e Gilmar, por sempre contribuírem e facilitarem a execução de nossos projetos.

Aos amigos de curso: Ailson, Jefferson, Isabela, Alex, Nathália, Débora, Fernanda, Arthur, Amauri, Ana, Diego, Luiz, Wagner, Marcus, Fabrício, Otávio e María Alejandra, pelo apoio, amizade, cafés e descontrações de todos os dias.

Aos meus irmãos de orientação, Pedro (Rony), Adriano, Luisa, Hugo, que consideraram este projeto como “nosso” e nunca hesitaram em fazer qualquer tipo de contribuição. Por tantas trocas de conhecimento, amizade e companheirismo.

À Carla pela amizade e incentivo constante para a conclusão deste trabalho.

Ao Timóteo e Asdrubal pela amizade, paciência e disponibilidade para a execução das análises estatísticas deste trabalho e por tantas outras contribuições.

À Bequinha e Joana por dividirem comigo tantas alegrias. Por me ensinarem a levar a vida de uma maneira mais leve.

À Camila e Fernanda, pela torcida e amizade ao longo dos oito anos de convivência.

À todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a execução e conclusão deste trabalho.

EPÍGRAFE

“É preciso força para sonhar e perceber que a estrada vai além do que se vê.”

Los Hermanos

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
1. INTRODUÇÃO	15
2. HIPÓTESES	17
3. OBJETIVOS	19
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
4.1. O CULTIVO DE GÉRBERA	21
4.2. CULTIVO PROTEGIDO E SOMBREAMENTO	22
4.3. FERTIRRIGAÇÃO E SALINIDADE	25
4.4. ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO DA CULTURA	28
4.5. CLOROFILA E ANTOCIANINA	30
5. MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	33
5.2. TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
5.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	36
5.4. CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO	36
5.5. MANEJO DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO.....	38
5.6. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	41
5.7. MEDIDAS MICROMETEOROLÓGICAS.....	43
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
6.1. VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS	47
6.2. IRRIGAÇÃO	52
6.3. ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO DA CULTURA – CWSI.....	54
6.4. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS	56
6.5. NÚMERO DE FLORES, FOLHAS E CLASSIFICAÇÃO DAS GÉRBERAS QUANTO AO PADRÃO DE QUALIDADE	70
6.6. ÍNDICE DE CLOROFILA.....	72
6.7. ANTOCIANINA	75
7. CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICE.....	93

RESUMO

Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da gérbera (*Gerbera jamesonii*) em ambiente protegido

A floricultura é uma atividade altamente rentável e exerce um papel importante no agronegócio brasileiro, se destacando cada vez mais em relação ao seu faturamento anual. Dentre as flores mais cultivadas e comercializadas, as gérberas (*Gerbera jamesonii*) são conhecidas pela grande quantidade de cores de suas inflorescências. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento e a produtividade da cultura da gérbera em ambiente protegido associado a malhas vermelha, azul e preta de sombreamentos e fertirrigadas com cinco soluções nutritivas de fertirrigação, elaboradas a partir da diluição (25%, 50%, 75%) e concentração (125%) da solução proposta por Hoagland e Arnon (1950) (solução padrão, 100%), sobre as características que conferem a qualidade da planta para comercialização em vasos. A malha azul associada à fertirrigação com concentração de 25% dos nutrientes da solução padrão proporcionaram maior massa fresca e seca de capítulos florais, hastes e total das gérberas e, ainda, maior massa seca das folhas. Os tratamentos aplicados não influenciaram o número de capítulos e de folhas e a classificação segundo os padrões qualidade. O diâmetro do capítulo floral não foi afetado pelos tratamentos de fertirrigação e sombreamento; entretanto, o diâmetro e a altura das hastes das gérberas foram reduzidos com a aplicação da solução mais concentrada (125%). O índice de estresse hídrico (CWSI) da cultura foi mais próximo de 1, nas três malhas coloridas, nos horários próximos ao meio do dia e aos 58 DAT foi verificado maior estresse das plantas sombreadas pelas malhas vermelhas. O índice de clorofila total (índice Falker) aos 59 e 99 DAT foi menor na malha vermelha, o que pode indicar maior eficiência das plantas sob esta malha, uma vez que não houve redução da produtividade das gérberas neste ambiente. Os teores de antocianina foram muito semelhantes nas folhas das gérberas cultivadas sob as malhas coloridas, sendo observada uma maior média do pigmento nas gérberas cultivadas sob a malha azul.

Palavras-chave Floricultura; Plantas ornamentais; Salinidade;. Nutrição mineral, Manejo de irrigação

ABSTRACT

Colored shading meshes and nutritional solutions of fertigation on Gerbera daisy (*Gerbera jamesonii*) in protected environment

The flower culture is a highly profitable activity and plays a major role in agribusiness, increasingly standing out in terms of annual sales. One of the most cultivated and marketed flowers, gerbera (*Gerbera jamesonii*), is known for its abundance of colors of its inflorescences. This work aimed to evaluate development and productivity of gerbera culture in protected environment associated to shading meshes of red, blue and black under fertirrigation with five nutritional solutions elaborated from the dilution (25%, 50%, 75%) and concentration (125%) of the solution proposed by Hoagland and Arnon (1950) (standard solution, 100%) on the characteristics that confer quality to the plant for marketing in pots. The blue mesh associated with fertigation of 25% of nutrient concentration of the standard solution provided fresh and dry mass of inflorescence, stems and total of gerbera, as well as greater dry mass of leaves. The treatments applied did not influence the number of inflorescences and leaves, as well as the classification of quality standards. The diameter of inflorescences was not affected by fertigation and shading; however, stem diameter of gerbera was reduced with the application of concentrated solution (125%). The crop water stress index (CWSI) was closer to 1, in the three colored meshes, at times near the middle of the day, and at 58 DAT, greater stress was verified in plants shaded by red meshes. The index of total chlorophyll (Falker index) at 59 and 99 DAT was smaller in red fabric, which may indicate greater efficiency of plants under this mesh, since there was no reduction in the productivity of gerbera in this environment. The contents of anthocyanin were very similar in leaves of gerbera grown under colored meshes, being observed a greater average of the pigment in gerbera grown under the blue fabric.

Keywords: Flower culture; Ornamental plants; Salinity; Mineral nutrition; Irrigation management

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. (A) VISTA DA EXTERNA DA ESTUFA PLÁSTICA NA QUAL FOI REALIZADO O EXPERIMENTO; E (B) DISPOSIÇÃO DAS MALHAS COLORIDAS AO LONGO DA ESTUFA AGRÍCOLA.	33
FIGURA 2. ILUSTRAÇÃO DA COMBINAÇÃO DOS FATORES QUE FORAM AVALIADOS NO ESTUDO: A DISPOSIÇÃO DOS VASOS NAS TRÊS MALHAS COLORIDAS E DAS CINCO DIFERENTES SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO, NOS SEIS BLOCOS, EM CADA UMA DAS MALHAS.	34
FIGURA 3. (A) EXEMPLO DE MUDA SELECIONADA PARA O TRANPLANTIO; E (B) TRANSPLANTIO DAS MUDAS NOS VASOS NÚMERO 14, PREENCHIDOS COM O SUBSTRATO BASAPLANT, NO DIA 13/03/2017.	36
FIGURA 4. CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA [CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO (θ) EM FUNÇÃO DO POTENCIAL MATRICIAL (Ψ)] DO SUBSTRATO BASAPLANT, COM AJUSTE POTENCIAL. .	37
FIGURA 5. VISTA DE UMA ESTACA ACOPLADA AO MICROTUBO, UTILIZADO PARA A APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS NAS FERTIRRIGAÇÕES.	38
FIGURA 6. CROQUI DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADO NO EXPERIMENTO, COM DESTAQUE PARA OS COMPONENTES DO SISTEMA E PARA AS DUAS LINHAS LATERAIS DE FERTIRRIGAÇÃO CONECTADAS À UM DOS TANQUES DE POLIETILENO, SENDO UMA DIRECIONADA PARA AS MALHAS AZUL E VERMELHA E A OUTRA PARA A MALHA PRETA.	40
FIGURA 7. DETERMINAÇÃO, COM O AUXÍLIO DE UM PAQUÍMETRO DIGITAL, DO DIÂMETRO DOS CAPÍTULOS FLORAIS DAS GÉRBERAS.	42
FIGURA 8. COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR (A), UMIDADE RELATIVA MÉDIA DO AR (B) DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO NOS AMBIENTES CORRESPONDENTES ÀS MALHAS VERMELHA, AZUL E PRETA.	49
FIGURA 9. DISPOSIÇÃO DOS SENSORES DE RADIAÇÃO GLOBAL, LI-200R E EPPLEY PSP, DURANTE A CALIBRAÇÃO DOS DADOS.	50
FIGURA 10. COMPORTAMENTO DA RADIAÇÃO GLOBAL TOTAL DIÁRIA NO AMBIENTE EXTERNO E INTERNO AO AMBIENTE PROTEGIDO, EM CADA UMA DAS MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO (A) E PAR TOTAL DIÁRIA (B) NOS AMBIENTES CORRESPONDENTES ÀS MALHAS VERMELHA, AZUL E PRETA, UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.	51
FIGURA 11. VOLUME DE SOLUÇÃO NUTRITIVA APLICADO NAS GÉRBERAS CULTIVADAS SOB AS MALHAS VERMELHA E AZUL E SOB A MALHA PRETA, AO LONGO DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.	53
FIGURA 12. DESVIO PADRÃO (Σ) DA TEMPERATURA DAS FOLHAS DAS GÉRBERAS EM RELAÇÃO À TEMPERATURA DO AR DE TODOS OS TRATAMENTOS DE FERTIRRIGAÇÃO, NAS TRÊS MALHAS COLORIDAS, NOS TRÊS DIAS ANALISADOS (44, 51 E 58 DAT), NO PERÍODO DA 09:00 ÀS 17:00 HORAS (A) E MÉDIAS DO DESVIO PADRÃO (Σ) DA TEMPERATURA DAS FOLHAS DAS GÉRBERAS EM RELAÇÃO À TEMPERATURA DO AR NAS TRÊS MALHAS COLORIDAS (B).	55_Toc506907055
FIGURA 13. REGRESSÃO COM AJUSTE LINEAR PARA O EFEITO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO NA MALHA AZUL SOBRE A MASSA FRESCA DO CAPÍTULO FLORAL (A), DA HASTE (B) E TOTAL (C) DAS GÉRBERAS.	59
FIGURA 14. MÉDIAS DO EFEITO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO SOBRE A MASSA SECA DO CAPÍTULO FLORAL (A), DAS HASTES (B), DAS FOLHAS (C) E TOTAL (D) DAS GÉRBERAS.	62
FIGURA 15. REGRESSÃO COM AJUSTE LINEAR PARA O EFEITO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO SOBRE A ALTURA DAS HASTES DAS GÉRBERAS NO PONTO DE COMERCIALIZAÇÃO.	65

FIGURA 16. REGRESSÃO COM AJUSTE LINEAR PARA O EFEITO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO NA SOBRE O DIÂMETRO DAS HASTES DAS GÉRBERAS NO PONTO DE COMERCIALIZAÇÃO..... 70

FIGURA 17. QUANTIDADE UNITÁRIA E PORCENTAGEM DE VASOS DE GÉRBERAS CLASSIFICADOS EM CLASSES I, II, III E IV, SEGUNDO OS CRITÉRIOS ADOTADOS PELA COOPERATIVA VELLING HOLAMBRA, NAS MALHAS AZUL (A), PRETA (B) E VERMELHA (C). 72

FIGURA 18. MÉDIAS DA QUANTIDADE DE ANTOCIANINA PRESENTE NAS FLORES LIGUADAS DAS GÉRBERAS, CULTIVADAS SOB O SOMBREAMENTO DAS MALHAS VERMELHA, AZUL E PRETA, SEM CONSIDERAR A APLICAÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO. 76

FIGURA 19. RELAÇÃO ENTRE OS DADOS DE RADIAÇÃO GLOBAL OBTIDOS PELOS SENSORES LI-200R E EPPLEY PSP, NAS MALHAS AZUL (A), VERMELHA (B) E PRETA (C). 93

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CONCENTRAÇÕES DOS NUTRIENTES NAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS UTILIZADAS NOS TRATAMENTOS DE FERTIRRIGAÇÃO (25, 50, 75, 100 E 125%), CALCULADAS A PARTIR DA SOLUÇÃO PROPOSTA POR HOAGLAND & ARNON (1950).	35
TABELA 2. VALORES DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE) E DO PH OBTIDOS NA ANÁLISE DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS UTILIZADA NAS FERTIRRIGAÇÕES (25, 50, 75, 100 E 125%).	35
TABELA 3. VALORES OBTIDOS NO ENSAIO DE UNIFORMIDADE DE EMISSÃO DAS LINHAS DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO.	40
TABELA 4. VALORES DAS TEMPERATURAS MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIAS DO AR OBTIDOS PELOS SENSORES INSTALADOS ABAIXO DA COBERTURA DAS MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	48
TABELA 5. VALORES DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIAS DO AR OBTIDOS PELOS SENSORES INSTALADOS ABAIXO DA COBERTURA DAS MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	48
TABELA 6. VALORES MÉDIOS DA RADIAÇÃO GLOBAL E DA PAR OBTIDAS PELOS SENSORES INSTALADOS ABAIXO DA COBERTURA DAS MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO. ...	51
TABELA 7. VOLUMES MÉDIO POR VASO E TOTAL DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS APLICADAS PARA A REPOSIÇÃO DAS LÂMINAS EVAPOTRANSPIRADAS DAS GÉRBERAS, NAS TRÊS MALHAS DE SOMBREAMENTO: PRETA, AZUL E VERMELHA.	54
TABELA 8. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO (CWSI) DAS GÉRBERAS SUBMETIDAS À CONCETRAÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO E SOMBREAMENTO COM MALHAS COLORIDAS.	56
TABELA 9. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MASSA FRESCA DAS GÉRBERAS, AO FIM DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	57
TABELA 10. COMPARAÇÃO DA INTERAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DA MASSA FRESCA DAS GÉRBERAS, OBTIDAS NO FINAL DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	58
TABELA 11. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA MASSA SECA DAS GÉRBERAS, AO FIM DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	60
TABELA 12. COMPARAÇÃO DA INTERAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DA MASSA SECA DAS GÉRBERAS, OBTIDAS NO FINAL DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	61
TABELA 13. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ALTURA DAS HASTES DAS GÉRBERAS E DA ÁREA FOLIAR, AO FIM DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	65
TABELA 14. COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DA ALTURA DAS HASTES DAS GÉRBERAS E DA ÁREA FOLIAR, OBTIDAS NO FINAL DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	65
TABELA 15. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DIÂMETROS EXTERNOS E INTERNOS DO CAPÍTULO FLORAL E DA HASTE DAS GÉRBERAS, AO FIM DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO.	68
TABELA 16. COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DA ALTURA DO DIÂMETRO DO CAPÍTULO FLORAL E DAS HASTES DAS GÉRBERAS, OBTIDAS NO FINAL DO CICLO DA CULTURA,	

SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO..... 69

TABELA 17. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO NÚMERO DE FLORES E FOLHAS DAS GÉRBERAS E CLASSIFICAÇÃO DOS VASOS SEGUNDO OS CRITÉRIOS QUALIDADE PARA COMERCIALIZAÇÃO, AO FIM DO CICLO DA CULTURA, SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA DE FERTIRRIGAÇÃO E MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO. 71

TABELA 18. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A CLOROFILA, EM UNIDADE FALKER, OBTIDAS NAS FOLHAS DAS GÉRBERAS SUBMETIDAS A CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO E SOMBREAMENTO COM MALHAS COLORIDAS, AOS 31, 38 E 59 DAT..... 73

TABELA 19. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A CLOROFILA, EM UNIDADE FALKER, OBTIDAS NAS FOLHAS DAS GÉRBERAS SUBMETIDAS A CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE FERTIRRIGAÇÃO E SOMBREAMENTO COM MALHAS COLORIDAS, AOS 68 E 99 DAT..... 73

TABELA 20. MÉDIAS DO ÍNDICE FALKER DA CLOROFILA TOTAL EM DIFERENTES AVALIAÇÕES, NOS TRATAMENTOS DE MALHAS COLORIDAS DE SOMBREAMENTO E FERTIRRIGAÇÃO..... 74

TABELA 21. ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA DE WILLMOTT - D (WILLMOTT ET AL., 1985), ÍNDICE DE CONFIANÇA - C (CAMARGO & SENTELHAS, 1997) E ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE MODELAGEM – EF (NASH & SUTCLIFFE, 1970), OBTIDOS A PARTIR DA CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS DOS SENSORES DE RADIAÇÃO GLOBAL EPPLEY PSP E LI-200R..... 95

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido mundialmente pela grande diversidade e beleza de sua fauna e flora. A diferença entre os parâmetros micrometeorológicos ao longo do território brasileiro, permite o cultivo de espécies vegetais distintas em cada região do país. A numerosa variedade de flores ornamentais produzidas no Brasil, se destacou frente ao mercado interno, com crescente participação no agronegócio brasileiro.

Dentre as flores ornamentais cultivadas, a gérbera (*Gerbera jamesonii*), da família das Asteráceas (GUERRERO et al., 2013), é uma das principais comercializadas, tanto como planta de vasos quanto como flor de corte. As diversas colorações e formas das inflorescências das gérberas podem ser a melhor explicação do seu sucesso.

A produção de flores ornamentais, com o objetivo comercial, foi iniciada no Brasil na década de 1950 por imigrantes. Porém, a evolução favorável dos indicadores socioeconômicos, o aprimoramento de sistemas de distribuição dos produtos deste segmento e o aumento da cultura do consumo das flores, impulsionaram, notadamente na última década, o desenvolvimento da floricultura no país (SEBRAE, 2015).

Os principais polos de produção no Brasil são os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Distrito Federal e Ceará. Vale ressaltar a importância na floricultura do país exercida pelo Estado de São Paulo, o qual concentra 45% da área de produção total brasileira, aproximadamente 30% dos produtores e 56% da produção do setor (IBRAFLOR, 2015).

A média de crescimento da produção brasileira de flores, para comercialização, foi de 8 a 10% ao ano, no período de 2008 a 2011, em relação à quantidade de oferta no mercado, e de 12 a 15% ao ano, em valor de vendas (SEBRAE, 2015). Em relação ao faturamento do setor, o Instituto Brasileiro de Floricultura - Ibraflor, destaca que, no ano de 2014, o setor de flores e plantas ornamentais faturou mais de R\$ 5,4 bilhões. Deste montante, em um panorama regional, o Estado de São Paulo deteve a maior parcela, com R\$ 1,98 bilhão ou 37%, seguido pelos Estados do Rio de Janeiro, com R\$ 622 milhões, ou 11%, e Minas Gerais com R\$ 554 milhões ou 9,8% (IBRAFLOR, 2015).

Devido à importância na economia nacional, são elevados os investimentos em tecnologias que viabilizam e aprimoram o cultivo de flores ornamentais, principalmente em sistemas de produção em ambientes protegidos, os quais promovem proteção física às culturas e permitem o controle de variáveis meteorológicas que influenciam no crescimento e

desenvolvimento das plantas, dentre elas, a radiação solar, a qual é um fator determinante das características das culturas.

As técnicas de sombreamento são comumente associadas a ambientes protegidos para a atenuação da radiação solar durante o cultivo, o que permite a manipulação das variáveis micrometeorológicas para adequar as condições ambientais para o ótimo crescimento das culturas e incrementos na produtividade (AHEMD et al., 2016). As malhas de sombreamento, além de atenuar a radiação que incide sobre as culturas, pode selecionar a luz em determinados comprimentos de onda, causando efeitos fisiológicos diferenciados nas plantas (BRANT et al., 2009).

O cultivo em ambientes protegidos torna necessário o incremento artificial de água para suprir as necessidades hídricas das culturas. A irrigação localizada por gotejamento é muito utilizada em estufas, por apresentar alta eficiência no uso da água, permitir controle fitossanitário da cultura, proporcionar economia de mão-de-obra e redução dos gastos com energia, e possibilitar a aplicação de adubos via água de irrigação, prática esta chamada de fertirrigação (BOAS et al., 2011).

O emprego da fertirrigação tem crescido na floricultura, o que impulsionou estudos com objetivo de avaliar soluções nutritivas que promovam melhor qualidade das flores ornamentais, de forma que elas apresentem características físicas e aparência desejável pelos consumidores (ZHENG et al., 2004; MOTA, 2007; LUDWIG et al. 2010a).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade comercial da cultura da gérbera cultivada em vaso em ambiente protegido, submetida ao sombreamento por malhas coloridas e a concentrações de uma solução nutritiva padrão na fertirrigação.

2. HIPÓTESES

- a) A utilização de malhas coloridas de sombreamento influencia o desenvolvimento e produtividade das gérberas;
- b) Diferentes concentrações de uma solução nutritiva de fertirrigação alteram o desenvolvimento e a produtividade das gérberas;
- c) Existe uma combinação de cor de malha colorida de sombreamento em casas de vegetação associada a uma determinada concentração de solução nutritiva de fertirrigação que causa melhores efeitos no crescimento, na produtividade e na qualidade comercial das gérberas.

3. OBJETIVOS

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Avaliar se a fitomassa fresca e seca da parte aérea das gérberas respondem de forma diferenciada aos comprimentos de luz transmitidos por três malhas (ChromatiNET®) de diferentes colorações e à cinco concentrações de uma solução nutritiva balanceada aplicadas via fertirrigação;
- b) Verificar se as gérberas respondem aos comprimentos de luz transmitidos por três malhas de diferentes colorações e a concentrações de solução nutritiva de fertirrigação, quanto aos parâmetros: diâmetro e altura das hastes florais, diâmetro e número dos capítulos florais e de folhas e à classificação segundo os padrões propostos pelo Ibraflor e pela cooperativa Veiling de Holambra;
- c) Avaliar os horários de maior estresse hídrico das gérberas cultivadas sob três malhas coloridas e fertirrigadas com cinco concentrações de solução nutritiva, a partir da determinação do índice de estresse hídrico (CWSI) das gérberas em diferentes horários do dia;
- d) Verificar se os índices de clorofila *a*, *b* e total nas folhas das gérberas respondem ao sombreamento com malhas coloridas e à concentração de solução nutritiva de fertirrigação; e
- e) Quantificar se os teores de antocianina presentes nos capítulos florais das gérberas são influenciados pela fertirrigação com diferentes concentrações de solução nutritiva e pelo sombreamento com malhas coloridas.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. O cultivo de gérbera

As gérberas (*Gerbera jamesonni*) são plantas herbáceas, de ciclo perene, pertencentes à família das Asteráceas, originadas no sul da África (GERSTENBERGER; SIGMUND, 1980). Possuem o capítulo dividido espacialmente, de acordo com a sexualidade e morfologia das flores, da seguinte maneira: no exterior (raio), estão filas concêntricas de flores femininas liguladas; em direção ao centro da flor, geralmente, é encontrada uma fila de flores hermafroditas seguidas pelas flores masculinas, dispostas sobre um receptáculo na parte central da inflorescência (INFOAGRO, 2016).

O cultivo da gérbera tem se tornado cada vez mais popular, sendo praticado em diferentes climas e regiões. A gérbera é considerada uma planta ornamental, a qual pode ser comercializada tanto como flor de corte como em vasos, e possui um alto valor agregado devido à vasta variedade de cores das cultivares (LUDWIG et al., 2010a, GUISELINI, 2002). O diâmetro dos capítulos florais pode variar entre 6,0 e 10,5 cm, enquanto as hastes variam, em altura, entre 30 e 46 cm (GUISELINI, 2002). As folhas das gérberas são alongadas e arrançadas em forma de rosetas (INFOAGRO, 2016).

A gérbera necessita de substratos com alta capacidade de retenção de água, mas também com boa drenagem, para que não haja asfixia da raiz. Além disso, o substrato deve ser estável, com o pH entre 5,5 a 6,5 (ROGERS; TJIA, 1990).

Em sua grande maioria, a gérbera pode ser considerada de sensibilidade mediana quanto à tolerância aos sais (PARADISO et al., 2003). Ludwig et al. (2010a) avaliaram as características de crescimento e produção de cultivares de gérbera fertirrigadas com duas soluções nutritivas, as quais se diferenciavam em relação à concentração de sais. Foram aplicadas, durante o período vegetativo, soluções de fertirrigação com maior e menor condutividade elétrica, sendo elas equivalentes a 1,76 dS m⁻¹ e 0,92 dS m⁻¹, respectivamente. Na fase reprodutiva as soluções foram reformuladas e apresentaram CE iguais a 2,04 dS m⁻¹ e 1,07 dS m⁻¹. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a solução mais concentrada não representou problema para o cultivo das gérberas, visto que não houve redução significativa da fitomassa seca da parte aérea das plantas.

Nas gérberas, a emissão e o desenvolvimento das folhas e o tempo de floração são condicionados pela temperatura do ar, enquanto que o tamanho dos capítulos e o comprimento da haste floral sofrem maior influência da temperatura do solo (PANDORFI,

2006). Altas temperaturas, no momento do plantio e da irrigação, podem proporcionar desequilíbrio entre a parte aérea e as raízes da planta, sobretudo em solos pesados, onde o florescimento pode ser mais lento (GUISELINI, 2002). De acordo com Singh (2006), a faixa de temperatura diurna ideal do ar para o cultivo das gérberas é entre 22 e 25 °C, e a noturna entre 10 e 15 °C, uma vez que a gérbera tem seu crescimento reduzido em temperaturas abaixo de 8 a 10 °C, quando pode ocorrer paralisação de suas atividades biológicas.

A umidade relativa do ar (UR) indicada para o cultivo de gérbera varia entre 75 e 90%. Valores superiores ou inferiores a estes limites podem favorecer o desenvolvimento de doenças e o aparecimento de manchas e deformidades (INFOAGRO, 2016). Para o controle da UR, podem ser utilizados sistemas de ventilação, ou como alternativa menos onerosa, podem ser aplicadas técnicas de sombreamento. Segundo Mercurio (2004), a radiação solar direta durante o cultivo das gérberas deve ser menor que 50 000 a 60 000 lux (235-281 W m⁻²). Portanto, em climas tropicais onde a radiação solar durante o verão pode superar os valores recomendados para o cultivo das plantas, é recomendado o sombreamento da cultura para que sejam mantidas as características responsáveis pela qualidade e aparência desejadas para a comercialização das gérberas.

4.2. Cultivo protegido e sombreamento

A floricultura é a atividade agrícola brasileira que mais tem investido em tecnologia de produção em casas de vegetação, devido ao mercado consumidor extremamente exigente e ao alto valor econômico agregado às flores (GUISELINI et al., 2010). Plantas ornamentais podem ser cultivadas em diferentes épocas do ano em ambientes protegidos, o que permite aos produtores um melhor planejamento e uso dos recursos naturais, otimização da gestão e, principalmente, geração de preços competitivos de mercado (BOUERI; LUNARDI, 2006).

O cultivo de flores em ambiente protegido oferece inúmeras vantagens, quando comparado ao tradicional realizado em campo, destacando-se, principalmente, a proteção das plantas contra as chuvas torrenciais, o vento, as geadas e, ainda, a redução do ataque de pragas e a incidência de doenças. A estrutura destes ambientes e o material de cobertura proporcionam um microclima controlado, o qual pode ser manejado e adaptado às necessidades de cada cultura, e desta forma, resulta em aumento do rendimento, qualidade e disponibilidade de produtos durante o ano (VOX et al., 2010). Outros benefícios são o desenvolvimento mais acelerado das cultivares e a possibilidade de se realizar a colheita precoce (ROMANINI et al., 2010). Em ambientes protegidos, há um relevante aumento da produção e da qualidade das flores, proporcionando maior garantia de lucratividade ao

produtor, uma vez que os efeitos das variações climáticas são reduzidos (GOMES et al., 2006).

Apesar da alta atratividade, o cultivo em ambientes protegidos exige cuidados em relação aos parâmetros micrometeorológicos, para que estes atendam às necessidades da cultura. A cobertura física dos ambientes protegidos pode implicar em alterações de elementos micrometeorológicos no interior destes ambientes em relação ao ambiente externo, o que pode impactar negativamente o desenvolvimento da cultura. Segundo Guiselini et al. (2010), a radiação solar, que chega ao ambiente de cultivo, afeta diversos fatores, como a temperatura, a umidade relativa do ar e a temperatura do substrato; além disso, ela age direta e indiretamente sobre todos os processos vitais das plantas, como a fotossíntese, a transpiração, o fotoperíodo, o crescimento do tecido e a floração. As técnicas de sombreamento podem ser associadas à cobertura dos ambientes protegidos, e assim permitem que sejam estabelecidas condições microclimáticas mais próximas às requeridas pelas culturas para o desenvolvimento de suas atividades vitais.

Segundo Trypanagnostopoulos et al. (2017), o sombreamento e a ventilação em ambientes protegidos proporcionam condições ideais para o cultivo, uma vez que a iluminação e a temperatura podem ser controladas por meio destas técnicas de manejo. Os mesmos autores ainda afirmam que a cobertura dos ambientes protegidos absorve parte da radiação solar e que, juntamente com o sombreamento, constituem métodos alternativos e econômicos de redução da transmitância da luz. As técnicas de sombreamento ao atenuarem a radiação solar excessiva, promovem a redução da temperatura interna das estufas e a melhoria da eficiência de resfriamento e ventilação, pela redução do movimento vertical do ar durante o período de verão, e podem ser usadas como isolantes térmicos durante o inverno (CHEN et al., 2011).

As malhas utilizadas para o sombreamento de culturas são capazes de transmitir e dispersar a radiação solar (ABDEL-GHANY; AL-HELAL, 2010). A dispersão dos feixes solares resulta em melhor distribuição da luz dentro dos ambientes protegidos, o que contribui para a uniformidade da temperatura e da umidade relativa, e leva à maior uniformidade do crescimento das plantas, uma vez que as culturas recebem a luz de maneira mais homogênea (AL-HELAL; ABDEL-GHANY, 2011).

Existem diversas colorações de malhas utilizadas no sombreamento de estufas que influenciam e contribuem para a produtividade das culturas. Entre elas, a malha azul e a vermelha têm apresentado maior interesse econômico. A malha vermelha possui maior transmitância da luz na região do vermelho e do vermelho distante (comprimentos de ondas

superiores a 590 nm), e menor na região do vermelho, verde e amarelo. Já a malha azul filtra as ondas na faixa do vermelho e do vermelho distante, e transmite a luz nos comprimentos de onda na região do azul-verde (400–540 nm) (SHAHAK et al., 2004).

Em um estudo realizado por Holcman e Sentelhas (2012), a influência de malhas de sombreamento de diferentes cores, nos elementos microclimáticos, foi avaliada em um ambiente protegido cultivado com bromélias (*Aechmea fasciata*), em Piracicaba - SP. Foram utilizadas no experimento as malhas termorefletoras, vermelha, azul e preta, todas com 70 % de sombreamento. Os resultados mostraram que a maior diferença entre a temperatura externa e interna e entre a umidade relativa foi observada sob a malha azul. A malha vermelha e a testemunha (sem sombreamento) apresentaram as maiores transmitâncias da radiação solar global (27 e 56,3%, respectivamente) e da radiação fotossinteticamente ativa (12 e 43,1%, respectivamente). A malha preta proporcionou menor transmitância de radiação solar global, sendo esta 10,4% da radiação solar incidente.

Almeida et al. (2016) avaliaram o desenvolvimento da cultura do lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) em uma estufa localizada no município de Piracicaba - SP, revestida com diferentes malhas de transmissão de luz, as quais apresentavam as cores azul, preta e vermelha. Os autores verificaram que o cultivo sob a malha vermelha proporcionou uma maior altura de haste em comparação ao cultivo sob a malha azul em todas as datas de análise, com uma diferença final, entre os dois tratamentos, de 12,6 cm. Além disso, as plantas cultivadas sob a malha vermelha apresentaram precocidade no florescimento, o que proporcionou o início da colheita nesse tratamento, 15 dias antes do tratamento sob a malha azul.

Em um estudo realizado por Nascimento et al. (2016), sobre a influência das malhas coloridas durante o desenvolvimento do girassol (*Helianthus annuus L.*), foram avaliadas as características fisiológicas e as anatômicas da cultivar Sunflower Pollenless Sunbright, submetidas ao cultivo sob telas fotoconversoras, tipo Aluminet®, ChromatiNet® azul e ChromatiNet® vermelha, todas com 50% de sombreamento, além do tratamento testemunha em pleno sol. Os resultados mostraram que a largura da inflorescência foi maior sob o tratamento com malha vermelha em relação ao tratamento sob a malha azul, sendo que os valores foram, respectivamente, de 76,3 e 69,7 mm. Esta diferença contrastou com o resultado da altura da haste das plantas, que foi maior sob o tratamento com a malha azul em relação ao tratamento sob a malha vermelha (63,8 e 60,9 cm, respectivamente).

Ouzounis et al. (2014) estudaram o efeito do espectro de luz sobre a fotossíntese, a produção de metabólitos secundários e o crescimento de cultivares de *Rosa hybrida* “Rosas”,

Chrysanthemum morifolium “Crisântemos” e *Campanula portenschlagiana* “Campanulas”, cultivadas em estufa agrícola. Os autores utilizaram combinações de luzes LED, quais foram 40% azul / 60% vermelho; 20% azul / 80% vermelho e 100% vermelho. Foi observado que a altura das plantas foi menor no tratamento com 40% azul / 60% vermelho em rosas e crisântemos, enquanto que a biomassa foi menor no controle com 100% vermelho nos crisântemos. A biomassa total das campanulas não sofreu com a variação do espectro, enquanto a área foliar foi menor no tratamento 40% azul / 60% vermelho. Foi verificado que o aumento da proporção entre azul e vermelho aumentou a condutância estomática, embora a fotossíntese líquida não tenha sido afetada, indicando excesso de condutância estomática. Além disso, os resultados obtidos mostraram que a maior proporção de luz azul proporcionou o aumento dos ácidos fenólicos e flavonoides, o que sugere que a luz mais concentrada nesta região do espectro pode predispor plantas a lidar melhor com o estresse.

4.3. Fertirrigação e salinidade

A irrigação é uma alternativa artificial para suprir a demanda de água de culturas. Em geral, o excesso ou a falta de água acarretam em baixa eficiência do uso de recursos hídricos em sistemas irrigados e são limitantes da produtividade e da qualidade dos produtos (PIRES et al., 2007). A irrigação excessiva ocorre devido, principalmente, ao planejamento incorreto, o qual muitas vezes é baseado apenas na experiência do produtor ao invés de cálculos e medições precisas da demanda de água pela cultura (PARDOSSI; INCROCCI, 2011; THOMPSON et al., 2007; CARMASSI et al., 2013).

O conhecimento da relação água-solo-planta-atmosfera permite inferir sobre a quantidade de água a ser aplicada e o melhor momento para a aplicação. A princípio, o correto manejo da irrigação, o qual proporciona a obtenção da produtividade economicamente viável, é aquele em que se aplica água no solo, no momento oportuno e em quantidades suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, sem falta ou desperdício (PEREIRA et al., 2005).

Atualmente, na agricultura, os sistemas de irrigação são utilizados para preservar a qualidade e o padrão comercial dos produtos agrícolas. Estima-se que a área irrigada no mundo ocupe aproximadamente 17% de toda a terra agricultável e responda pela produção de mais de 40% de todo o alimento consumido (PAULINO et al., 2011). Algumas técnicas de manejo da cultura podem ser associadas à irrigação e, dentre elas, a fertirrigação se destaca com importante contribuição no aumento da produtividade de culturas em muitas áreas irrigadas.

A fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Esta técnica proporciona aumento da eficiência de absorção de nutrientes, parcelamento da adubação de acordo com sua absorção pela cultura, facilidade de incorporação do fertilizante ao solo e economia de mão-de-obra e energia (OLIVEIRA et al., 2016). A fertirrigação permite controlar o local e a profundidade da aplicação, o que pode contribuir com a economia de fertilizantes. Adicionalmente, essa técnica permite uma melhor uniformidade de distribuição de nutrientes, além de os tornar prontamente disponíveis na solução do solo, o que facilita a absorção pelas raízes das plantas (MARCUSSE, 2005; ELOI, 2007).

O sistema de irrigação localizada é o mais indicado quando se utiliza a fertirrigação, principalmente o gotejamento, pois este sistema aplica água e nutrientes em quantidade e posição adequadas, proporcionando maior eficiência de aplicação e distribuição (MEDEIROS, 2010). Por ser um sistema de irrigação de alta frequência e baixa vazão, permite que a aplicação de fertilizantes via água de irrigação seja vantajosa, pois possibilita o incremento em quantidades exatas de nutrientes que a cultura demanda em cada fase do seu ciclo vegetativo. Além disso, proporciona economia de água e energia, evita o molhamento excessivo das folhas, reduz a mão-de-obra para operação do sistema, aumenta o rendimento e a qualidade dos produtos (BILIBIO et al., 2010 e BOAS et al. 2011).

Nos ambientes protegidos, em geral, são cultivadas culturas intensivas, as quais, se irrigadas com excesso de água resultam em degradação ambiental causado pela lixiviação de fertilizantes (VOX et al., 2010). São necessários cuidados na adição de fertilizantes via irrigação, pois esta prática pode contribuir para o aumento dos níveis de salinidade do solo, muitas vezes ultrapassando os limites de tolerância das culturas, reduzindo o crescimento e o rendimento ao longo dos sucessivos cultivos (SILVA et al., 2013). Portanto, o conhecimento das propriedades do solo, principalmente textura, estrutura, pH, capacidade de troca de cátions (CTC), densidade e condutividade elétrica (CE), e das propriedades da água de irrigação, como a concentração de sais e o pH, são de extrema relevância para o manejo adequado da fertirrigação e para o bom desenvolvimento das culturas (FERNÁNDEZ-ESCOBAR et al., 2012).

A CE representa a medida da facilidade da passagem da corrente elétrica em uma solução, onde solutos iônicos estão presentes e pode indiretamente estimar o conteúdo de sais dissolvidos na solução do substrato no qual as plantas estão inseridas. Portanto, quanto maior a quantidade de fertilizantes aplicados ao substrato, maior será o valor da CE (MOTA, 2007). Diversos fatores podem afetar a CE das soluções, dentre eles a temperatura, de modo que, com um aumento na temperatura há uma diminuição da resistência da solução à passagem da

corrente elétrica e, portanto, um aumento dos valores de condutividade elétrica (BERNET et al., 2015).

Bernert et al. (2015) relatam que a solução destinada à fertirrigação deve possuir CE menor que $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ e pressão osmótica entre 70 kPa e 100 kPa, pois valores superiores a estes só não causam diminuição na produtividade em culturas se estas forem tolerantes à salinidade.

Na gérbera, a relação entre as quantidades de nutrientes é fundamental para que haja qualidade e produtividade das flores (LUDWIG et al., 2008), o que torna necessário estudos sobre a CE das soluções nutritivas a serem utilizadas na fertirrigação destinada a este tipo de cultivo. Diversos trabalhos vêm sendo realizados com o objetivo de observar o crescimento e produtividade das gérberas submetidas à fertirrigação com maiores e menores concentrações de sais. Entretanto, com base nestes estudos, a tolerância à salinidade da cultura pode variar de acordo com cada cultivar.

Para Cavins et al. (2000), a solução do substrato para o cultivo da gérbera deve apresentar CE entre $1,0$ e $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ pelo método “Pour-through” e de $0,76$ a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ pelo método da pasta saturada. Já Ludwig (2007), avaliou a CE de cultivares de gérbera sob duas soluções e registrou valores máximos de $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ com a metodologia do “Pour-through” sem que as plantas apresentassem sintomas de estresse. Em geral, os efeitos provocados pela salinidade sobre as plantas constituem um dos fatores limitantes da produção, uma vez que ocorre diminuição do potencial osmótico da água do solo, além da toxicidade resultante da concentração salina e dos íons específicos (OLDONI, 2008). Além da CE, os valores de pH do substrato também trazem limitações ao desenvolvimento das plantas e afetam a disponibilidade de nutrientes. Segundo Mota (2007), a faixa do ideal do pH do substrato para a gérbera é entre 5,5 e 6,0.

O manejo inadequado dos fertilizantes pode modificar a concentração de sais na solução do substrato. Porém, os danos causados pela salinidade podem ser prevenidos, se for adotado um eficiente controle e monitoramento da fertirrigação, por meio dos quais a manutenção de níveis ótimos de concentração dos sais na solução do solo reduzam a necessidade de aplicação de fertilizantes e aumentem a eficiência de consumo pelas plantas (MEDEIROS, 2010).

4.4. Índice de estresse hídrico da cultura

O aumento da demanda de água ocorrido nas últimas décadas e a preocupação com o uso sustentável dos recursos naturais subsidiaram o desenvolvimento de tecnologias e os avanços de pesquisas que objetivam o uso racional da água.

A escassez dos recursos hídricos pode restringir a agricultura em diversas regiões, e desta forma, afetar negativamente o incremento da produção. Neste cenário, o manejo da irrigação, no qual se utiliza a água de maneira eficiente, é um fator relevante que determina a produtividade agrícola.

Associada ao planejamento e estratégias de irrigação, a determinação do estresse hídrico das culturas contribui com a melhoria do manejo da irrigação, o que permite o suprimento de água às crescentes demandas (VEYSI et al., 2017) sem que haja desperdícios.

A baixa disponibilidade de água no solo pode acarretar em déficit hídrico na cultura, ocasionando a diminuição da produção. O conhecimento das características intrínsecas das plantas, como as temperaturas ideais de cultivo e a demanda hídrica, e das variáveis micrometeorológicas do local onde é realizado o plantio, é de suma importância para o fornecimento de água à cultura em quantidades corretas e momentos oportunos (VEYSI et al., 2017).

Existem diversas técnicas que podem ser empregadas para monitorar o estresse hídrico nas culturas, como, por exemplo, sintomas visuais, condutância estomática, fluxo de seiva e balanço de água no solo (TRENTIN, 2010). Segundo Veysi et al. (2017), um método prático e eficaz para a determinação do estresse de água nas plantas é a termometria infravermelha, a qual foi proposta por Jackson et al. (1977).

A temperatura foliar fornece informações sobre o estado de estresse das culturas e é considerada como um método indireto de determinação, baseado na premissa de que as folhas se resfriam em relação ao ar que as circundam quando há transpiração (TRENTIN, 2010). Em contraste, quando uma cultura está sob estresse hídrico, os estômatos se fecham, a taxa de transpiração é reduzida e a energia solar que incide sobre as folhas não é dissipada, o que resulta no aumento da temperatura foliar (RAMÍREZ et al., 2015).

Segundo Gonzalez-Dugo et al. (2014), a resposta do aumento ou diminuição da temperatura foliar em virtude da ocorrência da transpiração foi levada em consideração por Jackson et al. (1977, 1981) para a criação de indicadores do estresse hídrico a partir da determinação da temperatura do dossel vegetativo. O índice de estresse hídrico da cultura (IEHC, ou CWSI, em inglês) é o método mais utilizado para monitorar o estresse hídrico de

plantas considerando a temperatura foliar da vegetação (ÇOLAKA et al, 2015); possui como principal vantagem a possibilidade de medição sem a necessidade de contato físico com as folhas, de maneira fácil e rápida (TRENTIN, 2010; BERNI et al., 2009).

As variáveis introduzidas para o cálculo do CWSI são baseadas nas abordagens definidas por Idso et al. (1981) e Jackson et al. (1981), segundo as quais a diferença entre a temperatura da cultura e a do ar ($T_c - T_a$) é uma função do déficit de pressão de vapor atmosférico (DPV), do saldo de radiação (R_n) e da resistência aerodinâmica (r_a) (AHİ et al., 2015; RAMÍREZ et al., 2015). A normalização em relação ao DPV considera dois limites: um quando a cultura está em condições sem restrição hídrica (limite inferior) e outro em que não há transpiração (limite superior) (GONZALEZ-DUGO et al., 2014). Os valores do CWSI variam entre zero para plantas que se encontram em solos sem restrições de água, a um, para situações de estresse hídrico crítico (NETO et al., 1995).

A utilização de termômetros infravermelhos permite a medição da temperatura foliar de forma instantânea, o que facilita o monitoramento das condições da planta e permite o controle da irrigação. Segundo Ramírez et al. (2015), em uma cultura sob estresse hídrico a temperatura de suas folhas pode apresentar valores superiores à do ar, em 4 a 6 °C, enquanto que a vegetação bem irrigada possui CWSI próximo de zero e temperatura foliar menor (de 1 a 4 °C) do que a temperatura do ar circundante.

O crescimento e desenvolvimento das plantas dependem de diversos fatores como: tipo de cultivo, manejo da cultura, variáveis micrometeorológicas, e características do solo. Além disso, a evapotranspiração das plantas influencia no seu rendimento (TESFUHUNEY et al., 2016). Em um estudo realizado por Candogan et al (2013) sobre a relação entre o CWSI e a produtividade e qualidade da soja irrigada, os autores constataram que o índice pode ser utilizado para o manejo da irrigação e, também, como indicador do rendimento de sementes e da produção de proteínas e óleo da cultura.

Além da disponibilidade quantitativa de água, as concentrações de sais presentes na solução do solo podem interferir na absorção pelas plantas, e resultar em diferentes respostas ao estresse. A salinidade da água de irrigação diminui o potencial osmótico da solução do solo (VEYSI et al., 2017), e, conseqüentemente, reduz sua absorção pelas raízes. Desta maneira, as concentrações de nutrientes disponíveis para as plantas podem interferir no CWSI.

4.5. Clorofila e antocianina

As clorofilas constituem o grupo de pigmentos mais abundantes presentes nos vegetais (STREIT et al, 2005). Elas são localizadas nos cloroplastos e são encontradas principalmente como clorofilas “a” e “b” nas folhas das plantas (TAIZ; ZEIGER 2013).

A principal função das clorofilas é a participação na fotossíntese, na qual elas atuam na fase fotoquímica, na absorção de luz e na transferência de energia para os centros de reação (STREIT et al, 2005). Desta maneira, a concentração de clorofila nas folhas das plantas constitui um indicador importante da biomassa e da atividade fotossintética das plantas. Além da produtividade, estudos têm demonstrado que o conhecimento da concentração de clorofila pode ser utilizado para inferir sobre a concentração de nitrogênio nas folhas, uma vez que existe uma correlação positiva entre o pigmento e este elemento mineral; isto porque grande parte do N das folhas estão concentrados nos cloroplastos (PÔRTO et al., 2011; MARENCO; LOPES, 2005).

Para a determinação da concentração de clorofila podem ser utilizados métodos destrutivos, nos quais é necessária a retirada e destruição das folhas, impossibilitando análises futuras, ou métodos não destrutivos, que tem se mostrado muito vantajosos (DEY et al., 2016; COSTA et al., 2012). Dentre as diversas vantagens deste último método, destacam-se: leitura rápida, baixo custo de manutenção dos aparelhos, ausência de análises laboratoriais e investimentos em reagentes, e ausência de destruição das folhas (MALAVOLTA et al., 1997; COSTA et al., 2012).

Nos últimos anos, o clorofilômetro (ClorofiLOG, Falker Automação Agrícola, Brasil), tem sido muito utilizado nos estudos que avaliam a relação entre a produtividade de biomassa, ou o estado nutricional da planta, com a concentração de clorofila nas folhas das culturas. Este aparelho utiliza emissores de fotodiodos nos comprimentos de onda na região do espectro de absorção das clorofilas e fornecem os conhecidos Índice de Clorofila Falker (ICF), com base na absorbância das clorofilas (JUNIOR et al., 2010).

Já as antocianinas representam o segundo grupo de pigmentos de origem vegetal, ficando atrás das clorofilas (HARBORNE; GRAYER, 1988). Elas são responsáveis pelos principais pigmentos vermelhos, roxos, violetas e azuis presentes em diversas flores, frutas e folhas (PETRONI; TONELLI, 2011); pertencem à classe dos flavonoides (JAAKOLA, 2013), e possuem estrutura química baseada em um esqueleto com quinze carbonos (DELGADO-VARGAS et al., 2000).

A concentração de pigmentos em flores e frutas é observada visualmente por consumidores e interfere na aceitação e na comercialização destes produtos. As antocianinas possuem diversas funções nas plantas, dentre elas: atração de polinizadores, dispersão de sementes, ação antioxidante, proteção contra a radiação UV, e contra temperaturas frias, resposta ao estresse por seca e defesa contra microrganismos (LOPES et al., 2007, DELGADO-VARGAS et al., 2000; SARMA; SHARMA, 1999; CHRISTIE et al., 1994; CASTELLARIN et al., 2007; PETRONI; 2011). Adicionalmente, sob altas intensidades luminosas, as antocianinas agem como protetoras dos cloroplastos afim de evitar a fotoinibição (PIETRINI et al. 2002).

As antocianinas podem apresentar diferentes colorações dependendo do pH do meio aquoso no qual ela está presente. Em meio ácido os pigmentos apresentam cor avermelhada, em neutro incolor, e em básico violeta (MARÇO, 2009).

Em plantas ornamentais, a concentração de antocianinas permite o desenvolvimento de flores com cores diferenciadas e, assim, contribui com o aumento do número de opções disponíveis para os consumidores. Alguns fatores, como a disponibilidade de nutrientes, presença de metais, temperatura, radiação UV e luz, podem interferir no teor de antocianinas nas flores.

Em situações de deficiência de nitrogênio, enxofre e fósforo, os carbonos presentes nos tecidos vegetais, os quais formariam compostos carbônicos junto a estes elementos, podem ser direcionados à síntese de antocianina, levando ao acúmulo deste pigmento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Outro fator que interfere na maior concentração de antocianinas é a relação entre o vermelho distante e o vermelho na luz que incide sobre as culturas, sendo que quando esta relação atinge valores superiores a um, existe uma redução da formação do pigmento (AWAD et al., 2001).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi executado em uma área experimental do Departamento de Produção Vegetal, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), no município de Piracicaba, estado de São Paulo. O local possui coordenadas geográficas de 22° 42' 40" de Latitude Sul, 47° 37' 30" de Longitude Oeste e altitude de 546 metros. O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, ou seja, tropical úmido com estiagem no inverno (GUISELINI, 2002).

O estudo foi realizado em um ambiente protegido (estufa agrícola), já instalado no local e utilizado em estudos específicos relacionados à Produção de Plantas Ornamentais, construído na direção Sudeste-Noroeste, cujas dimensões são de 6,4 m de largura e 36 m de comprimento, sendo este último subdividido em três partes iguais de 12 m. Cada parte do ambiente protegido foi caracterizada pela presença de uma cobertura plástica transparente polietileno difusor com 100% de transmissividade e por malhas coloridas (ChromatiNET®), dispostas na altura do pé direito e abaixo do arco da cobertura. A disposição das malhas foi realizada na sequência das cores vermelha, azul e preta, respectivamente (Figura 1).

Figura 1. (A) Vista da externa da estufa plástica na qual foi realizado o experimento; e (B) Disposição das malhas coloridas ao longo da estufa agrícola.

5.2. Tratamento e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram na combinação de dois fatores: cor de malha e concentração da solução de fertirrigação. Foram utilizadas três malhas de cobertura de ChromatiNET®, nas cores vermelha (M1), azul (M2) e preta (M3), com cinco diferentes soluções de fertirrigação, elaboradas a partir da diluição (S1 = 25%, S2 = 50% e S3 = 75%) e da concentração (S5 = 125%) da solução nutritiva proposta por Hoagland & Arnon (1950),

além da padrão apresentada por estes autores ($S4 = 100\%$) (Tabela 1). Foram considerados três grupos de experimentos em relação às três malhas (vermelha, azul e preta). Dentro de cada grupo de experimento o delineamento utilizado foi casualizado em blocos, com cinco concentrações de fertirrigação ($S1$, $S2$, $S3$, $S4$ e $S5$) (Figura 2). Para as análises estatística foram descartados um bloco de cada uma das malhas devido à perda de parcela em uma das malhas.

Cada um dos vasos foi cultivado com uma única planta e recebeu apenas uma das 5 soluções nutritivas, totalizando 90 parcelas experimentais (vasos). Os vasos foram espaçados em 30 centímetros e foram dispostos em 6 blocos (repetições do tratamento fertirrigação) sobre 3 bancadas de alumínio, com 1,0 metro de altura, localizadas no centro geométrico de cada malha (Figura 2).

Figura 2. Ilustração da combinação dos fatores que foram avaliados no estudo: a disposição dos vasos nas três malhas coloridas e das cinco diferentes soluções nutritivas de fertirrigação, nos seis blocos, em cada uma das malhas.

Tabela 1. Concentrações dos nutrientes nas soluções nutritivas utilizadas nos tratamentos de fertirrigação (25, 50, 75, 100 e 125%), calculadas a partir da solução proposta por Hoagland & Arnon (1950).

Nutriente	Concentração (mg L ⁻¹)				
	25%	50%	75%	100%*	125%
Nitrogênio (N)	52,53	105,05	157,58	210,10	262,63
Fósforo (P)	7,74	15,49	23,23	30,97	38,72
Potássio (K)	58,65	117,29	175,94	234,59	293,24
Cálcio (Ca)	50,12	100,23	150,35	200,47	250,59
Magnésio (Mg)	12,15	24,31	36,46	48,61	60,76
Enxofre (S)	16,03	32,07	48,10	64,13	80,16
Boro (B)	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63
Cobre (Cu)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Ferro (Fe)	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25
Manganês (Mn)	0,126	0,251	0,377	0,50	0,628
Molibdênio - (Mo)	0,003	0,006	0,008	0,01	0,014
Zinco (Zn)	0,013	0,025	0,038	0,05	0,063

* Concentração dos nutrientes da solução de fertirrigação original proposta por Hoagland & Arnon (1950).

Para o preparo das soluções nutritivas foram utilizadas como fontes de macronutrientes: nitrato de cálcio, nitrato de amônio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio e cloreto de potássio. Já as fontes de micronutrientes foram: ácido bórico, sulfato de cobre, Fe EDTA 13%, sulfato de magnésio, molibdato de amônio e sulfato de zinco. A condutividade elétrica (CE) e o pH das soluções nutritivas, somados à água utilizada para a fertirrigação, foram analisados antes do transplântio das mudas (Tabela 2).

Tabela 2. Valores da condutividade elétrica (CE) e do pH obtidos na análise das soluções nutritivas utilizada nas fertirrigações (25, 50, 75, 100 e 125%).

Solução	CE (dS m ⁻¹)	pH
25%	0,99	6,77
50%	1,44	6,74
75%	2,26	6,55
100%	2,69	6,41
125%	3,30	6,30

Foram utilizados 30 vasos número 14 com capacidade para 1,10 litros (com dimensões: 13,8 cm de diâmetro superior, 10,5 cm de altura e 9,5 cm de diâmetro inferior), em cada uma das 3 malhas de cobertura, preenchidos com o substrato Basaplant da empresa BASA AGRO, o qual era enriquecido com NPK e micronutrientes, e composto por casca de pinus, fibra de coco, turfa fibrosa e vermiculita. Segundo o fabricante, o substrato possuía

condutividade elétrica igual a $1,5 \pm 0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH de $5,8 \pm 0,5$ considerado adequado para o bom desenvolvimento da cultura.

5.3. Condução do experimento

As mudas de gérbera (*Gerbera jamesonii*) utilizadas foram de padrão comercial da cultivar Red with Eye as quais pertenciam a série Festival, doadas pela empresa especializada Ball®. A condução do experimento foi iniciada no dia 13/03/2017, quando foi realizado o transplântio das mudas e finalizada após 99 dias (20/06/2017).

Foram selecionadas mudas que apresentavam pelo menos quatro folhas e enraizamento satisfatório para o transplântio (Figura 4). Logo após este processo, as mudas foram irrigadas manualmente para evitar estresse hídrico na cultura e mantidas sob condições de casa de vegetação até o fim do experimento.

Figura 3. (A) Exemplo de muda selecionada para o transplântio; e (B) Transplântio das mudas nos vasos número 14, preenchidos com o substrato Basaplant, no dia 13/03/2017.

Durante o cultivo foram realizados tratos culturais para manter o desenvolvimento desejado das plantas. Foi aplicado Pro Lyks (Hydroplan-EB) no intervalo de 15 dias para o controle de mosca branca e ácaros. Além disso, foram removidas folhas secas e eventuais ervas daninhas.

5.4. Caracterização do substrato

A curva de retenção de água no substrato, assim como a curva de retenção do solo, corresponde à representação gráfica da relação entre a energia de retenção da água (potencial matricial) e o correspondente conteúdo de água, o qual varia de acordo com a textura,

estrutura, mineralogia e matéria orgânica do substrato (GUPTA; LARSON, 1979; BEUTLER et al., 2002, CARDUCCI et al., 2011). Com o objetivo de analisar a faixa de interesse (capacidade do vaso) que foi considerada para a irrigação das plantas, foi elaborada a curva de retenção do substrato Basaplant, com base na média de três amostras, com ajuste potencial (Figura 4).

Figura 4. Curva de retenção de água [conteúdo de água no solo (θ) em função do potencial matricial (Ψ)] do substrato Basaplant, com ajuste potencial.

Para a determinação do conteúdo de água no substrato nos pontos de capacidade de vaso e de saturação foi realizado um ensaio em laboratório, no qual foram utilizados 3 vasos preenchidos com o substrato utilizado para o cultivo das gérbervas. Os substratos foram completamente saturados e pesados no ponto de saturação. Em seguida, os vasos foram mantidos sobre uma grade de 20 cm de altura para que a água pudesse ser drenada livremente. Quando foi finalizada a drenagem, e os vasos apresentaram massa constante (1 hora após o início da drenagem) foi realizada uma nova pesagem a determinação do teor de água na capacidade de vaso. Posteriormente, os substratos foram secos em uma estufa de ventilação forçada a 65° C, por 48 horas, para a subtração do peso do substrato e do vaso das pesagens anteriores. O valor considerado para os pontos determinados corresponde à média dos 3 vasos ensaiados, sendo eles: 0,36 cm³ cm⁻³ na capacidade de vaso e 0,51 cm³ cm⁻³ na saturação.

Um procedimento semelhante a este foi realizado durante a condução do experimento na estufa agrícola. No período vegetativo e reprodutivo os substratos de todos os vasos foram plenamente saturados e deixados drenar livremente. Após 1 hora do início da drenagem, os vasos foram novamente pesados para a determinação da capacidade de vaso, uma vez que havia cessado a drenagem. Esta metodologia teve como objetivo considerar a

influência do aumento do peso das plantas, durante o ciclo da cultura, nos pesos dos vasos, os quais eram pesados diariamente para o cálculo da lamina de fertirrigação a ser aplicada.

5.5. Manejo da irrigação e da fertirrigação

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, com emissores autocompensantes do tipo botão “on-line”, com vazão nominal de 4 L h^{-1} e pressão de entrada igual a 100 kPa. Foram conectados microtubos aos emissores para a aplicação das soluções nutritivas nos vasos. Cada vaso recebeu apenas um microtubo que estava acoplado às linhas do sistema de fertirrigação. Foram utilizadas estacas para a fixação dos microtubos no substrato (Figura 5).

Figura 5. Vista de uma estaca acoplada ao microtubo, utilizado para a aplicação das soluções nutritivas nas fertirrigações.

A estrutura física do sistema de fertirrigação consistiu em cinco tanques de polietileno, cada um com capacidade para 200 litros, onde foram alocadas as cinco soluções de nutritivas (25, 50, 75, 100 e 125%). Cada um dos tanques que continha uma das soluções nutritivas foi diretamente conectado a uma linha principal de fertirrigação, a qual direcionava as soluções para duas linhas laterais. As duas linhas laterais, as quais eram conectadas a um dos tanques de polietileno, permitiu a fertirrigação das gérberas, de modo que a uma linha lateral foi direcionada à malha preta, enquanto que a outra foi conduzida às malhas azul e vermelha (Figura 6). Esta disposição permitiu um manejo de irrigação distinto na malha preta em relação às malhas azul e vermelha.

O sistema de fertirrigação foi ligado e somente uma das soluções nutritivas era distribuída por vez, começando sempre da solução com menor concentração de nutrientes (25%) até a solução mais concentrada (125%). Para isto, primeiramente eram abertos o registro conectado ao tanque com a solução S1 e o correspondente às linhas laterais L1 (Figura 6). Somente quando estes registros fossem fechados (S1 e L1), eram abertos o registro

do tanque da solução S2 e das linhas L2, e assim por diante, até a fertirrigação com a solução S5.

As fertirrigações foram realizadas diariamente no período da tarde, às 17:00 horas, e foi adotado o método gravimétrico para a determinação do volume de solução nutritiva a ser acrescentado, considerando que após todas as irrigações os vasos deveriam estar na capacidade de vaso. Foram selecionados 5 vasos por malha (amostras) para serem pesados todos os dias. As lâminas da fertirrigação foram calculadas a partir da evapotranspiração média nas malhas azul e vermelha, e da média na malha preta. Para o cálculo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação, foi considerada a vazão média dos emissores de cada linha, obtidas durante a realização do ensaio de uniformidade do sistema de gotejamento.

Para a escolha dos vasos utilizados como amostras para a pesagem, foram realizadas fertirrigações com lâmina suficiente para saturar o substrato de todos os vasos. Em seguida, após um período de 24 horas, os vasos foram pesados para a determinação da média da lâmina evapotranspirada em cada malha colorida. Os vasos escolhidos como amostras foram aqueles que apresentaram evapotranspiração próxima à média observada na malha preta (amostras da malha preta) e nas malhas azul e vermelha (amostras das malhas azul e vermelha, respectivamente). Este procedimento foi realizado no período vegetativo e no reprodutivo, quando as plantas apresentaram diferença na densidade de folhas e altura das hastes das inflorescências.

Figura 6. Croqui do sistema de irrigação utilizado no experimento, com destaque para os componentes do sistema e para as duas linhas laterais de fertirrigação conectadas à um dos tanques de polietileno, sendo uma direcionada para as malhas azul e vermelha e a outra para a malha preta.

Antes do transplante das mudas, o sistema de fertirrigação foi submetido a um teste de uniformidade para ser avaliado sob condições normais de operação. O desempenho do sistema foi determinado a partir da uniformidade de emissão (UE), conforme recomendado por Frizzzone et al. (2012) para sistemas de microirrigação, em cada uma das linhas (Tabela 3).

Tabela 3. Valores obtidos no ensaio de uniformidade de emissão das linhas do sistema de fertirrigação.

Malha	Uniformidade de Emissão (%)				
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5
Preta	95,62	95,22	81,63	89,39	93,75
Azul e Vermelha	82,46	92,46	94,19	90,06	86,37

Segundo Frizzzone et al. (2012), é recomendado que um projeto de microirrigação possua UE acima de 80%. Portanto, o sistema de fertirrigação utilizado foi considerado adequado e com um bom desempenho, uma vez que o valor mínimo de UE obtido foi de 81,63%.

Foram realizadas irrigações até o dia 24/03/2017, pois foram necessários alguns ajustes no sistema de fertirrigação. Após esta data, foram realizadas somente fertirrigações até o fim do experimento, para suprir a demanda hídrica e mineral da cultura.

Para o monitoramento da condutividade elétrica (CE) e do pH das soluções presentes no substrato, foram instalados extratores de PVC com cápsula porosa na extremidade, em uma profundidade de 5 cm, em cinco vasos de cada uma das três malhas de sombreamento, sendo que cada um dos vasos correspondia à fertirrigação com uma das soluções nutritivas. O ar no interior dos extratores foi retirado, mantendo-se a pressão interna próxima de -70 kPa, para que houvesse fluxo da solução do substrato para dentro dos extratores. As extrações das soluções foram realizadas após uma hora das fertirrigações, segundo a metodologia proposta por Mota et al. (2011), em três datas, com um intervalo de 7 dias entre a primeira e a segunda coleta, e de 21 dias entre a segunda e terceira. Foram utilizados pHmetro e condutímetro de bancada para a análise do pH e da CE das soluções dos extratores. O monitoramento do pH e da CE foi realizado com o objetivo de verificar e manter as soluções em níveis adequadas para o cultivo.

5.6. Características avaliadas

5.6.1. Altura de plantas e flores

A altura das plantas foi obtida quando as plantas apresentavam pelo menos um capítulo completamente aberto, quando foi considerado o ponto comercial. As medições foram realizadas com uma régua graduada e foi feita a medida da base da haste até a inserção do receptáculo floral.

5.6.2. Produtividade e classificação dos vasos

A produtividade foi determinada no período da colheita, quando os vasos apresentavam flores com pelo menos um capítulo completamente aberto. Foram contabilizados, manualmente, o número de todas as hastes florais presentes em cada parcela. Neste estágio as flores foram cortadas para as análises de matéria fresca e seca. Entretanto os vasos foram mantidos no mesmo ambiente para a emissão de mais flores a serem direcionadas para a análise do teor antocianina nas gérbereas.

Para a classificação dos vasos de acordo com os critérios de padrão e qualidade da Cooperativa Veiling de Holambra, conforme indicado pelo Ibraflor, foram consideradas apenas o primeiro florescimento de cada vaso, uma vez que a intenção dos produtores é vender imediatamente o produto.

De acordo com a cooperativa Velling, os vasos de gébera “pote 14” podem ser classificados com A1 ou A2, sendo consideradas flores de melhor e pior qualidade,

respectivamente, a depender da presença de pragas, doenças, danos, deficiência mineral ou queimas por fitotoxicidez. Além disso, são adotadas classes para a classificação dos vasos, sendo elas: I, II, III e IV se apresentarem, respectivamente, uma, duas, três ou quatro flores abertas e no ponto comercial. Segundo a cooperativa Velling, para a comercialização as gérberas devem possuir altura mínima de 14 cm e máxima de 30 cm.

5.6.3. Análises realizadas no período reprodutivo

Com o auxílio de um paquímetro digital foram avaliadas as seguintes características físicas das gérberas: diâmetro das hastes, na altura de 5 cm medidos a partir da base do substrato presentes nos vasos; diâmetro externo das inflorescências, considerando-se os pontos mais extremos (Figura 7).

Figura 7. Determinação, com o auxílio de um paquímetro digital, do diâmetro dos capítulos florais das gérberas.

5.6.4. Fitomassa fresca e seca

Ao final do ciclo, a análise da massa fresca das gérberas foi realizada por meio de pesagem das partes aéreas das plantas em uma balança analítica, com precisão de 0,01 g. Foram pesados separadamente os capítulos florais, as hastes e as folhas das plantas, e, em seguida, os materiais foram acondicionados em sacos de papel e secos em estufa com ventilação forçada à temperatura de 60°C, até que apresentassem massa constante, para posterior pesagem e determinação da matéria seca.

5.7. Medidas micrometeorológicas

Para a obtenção dos dados meteorológicos no interior do ambiente protegido, foram instalados sensores de temperatura, umidade, radiação global (LI-200R, LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) e radiação fotossinteticamente ativa – PAR (LI-190R, LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) no centro do ambiente relativo a cada malha colorida de sombreamento, sobre suportes localizados à 2 metros de distância do solo. Os dados obtidos pelos sensores foram registrados por um sistema automático de aquisição de dados (CR1000, Campbell Scientific, Utah, EUA).

Os dados das variáveis micrometeorológicas internas ao ambiente protegido foram comparados com os dados das mesmas variáveis relativas ao ambiente externo, obtidos no Posto Meteorológico da ESALQ, localizado nas dependências do LEB - Departamento de Engenharia de Biosistemas, na cidade de Piracicaba-SP. Não foi possível a obtenção da PAR do ambiente externo ao ambiente protegido no período de condução do experimento, devido à ausência de alguns dados necessários à obtenção desta variável durante o ciclo da cultura.

5.7.1. Área foliar (AF)

Para a determinação da AF (cm²), foram avaliadas todas as folhas das 90 parcelas do experimento. O método utilizado foi o destrutivo, para a leitura pelo integrador de área foliar LI-3100 (cm², LI-3100, LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA).

5.7.2. Índice de estresse hídrico da cultura (CWSI)

A temperatura foliar foi determinada por meio de um termômetro infravermelho (Craftsman-50466). Para cada medição foi selecionada uma folha por vaso, localizada na camada superior da planta. Foram feitas três medições durante o ciclo da cultura (26/04, 03/05 e 10/05), com uma leitura por hora. As leituras da temperatura das folhas tiveram início às 09:00 e término às 17:00 horas; portanto, foram registrados nove valores por parcela por dia. A partir dos valores de temperatura foliar e do ar do ambiente protegido, foi determinado o índice de estresse hídrico da cultura (CWSI). As plantas foram irrigadas apenas após a realização da última medição às 17 horas.

O CWSI foi determinado com o objetivo de avaliar se o tratamento de concentrações de soluções nutritivas de fertirrigação e as características micrometeorológicas dos ambientes proporcionados pelas malhas coloridas de sombreamento, poderiam causar estresse hídrico na

gérbera caso não fosse realizada a irrigação diariamente. O cálculo do CWSI foi realizado a partir dos valores das temperaturas foliares, obtidas pelo termômetro infravermelho às 13:00 horas, e da temperatura do ar no interior do ambiente protegido, no mesmo horário da temperatura foliar, obtidos pelos sensores instalados no centro de cada uma das três malhas. Foi utilizada a metodologia proposta por Jackson et al. (1988) para o cálculo do CWSI, conforme a Equação 1:

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{LBI}}{(T_c - T_a)_{LBS} - (T_c - T_a)_{LBI}} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

T_c – temperatura das folhas da cultura, °C;

T_a – temperatura média do ar, °C;

$(T_c - T_a)_{LBI}$ – linha base de temperatura inferior, correspondente à diferença entre a temperatura do ar para e a de uma cultura sem estresse hídrico, °C; e

$(T_c - T_a)_{LBS}$ – linha base de temperatura superior, correspondente à diferença entre a temperatura do ar e quando a resistência para a perda de água do dossel aumentar sem limites ou correspondente à temperatura da superfície seca, °C.

As linhas de base superior e inferior foram obtidas, empiricamente, pela maior e menor diferença, respectivamente, entre os valores da temperatura da cultura (T_c) e a temperatura do ar (T_a), como proposto por Ramírez et al. (2015). Os mesmos autores sugerem que o CWSI calculado a partir dos limites inferiores e superiores obtidos a partir da diferença entre a temperatura da cultura e a do ar, seja chamado de índice de estresse hídrico observado. Conforme recomendado por Meron et al. (2013), foram descartados os valores das diferenças $T_c - T_a$ abaixo de -10 °C e acima de 7 °C.

5.7.3. Índice de clorofila e teor de antocianina

Os índices de clorofila *a*, *b* e total foram obtidos com o medidor eletrônico ClorofiLOG (Índice Falker, CFL1030, Falker, Porto Alegre, Brasil). Foram realizadas cinco medições ao longo do ciclo das gérberas (13/04, 22/04, 25/04, 20/05 e 20/06), em uma folha por parcela, às 10:00 horas. Foram selecionadas as terceiras folhas das gérberas em todas as parcelas.

A quantificação do teor de antocianina presente nas flores liguladas das gérberas (popularmente chamadas de pétalas) foi realizada no laboratório de Pós-Colheita do

Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP. Para esta análise foi utilizada uma inflorescência de cada parcela. Porém, para que fosse obtida a quantidade mínima em massa de amostra de cada tratamento de fertirrigação, foram agrupadas as flores correspondentes à cada fertirrigação em uma mesma malha (isto é, foram unidas as uma flor de cada bloco em cada uma das três malhas), e desta forma, para a análise de antocianina, foram feitas replicatas de 15 tratamentos (3 malhas coloridas x 5 concentrações de solução nutritiva de fertirrigação).

Foram separadas as pétalas do restante da planta, as quais foram congeladas imediatamente em nitrogênio e mantidas acondicionadas em um freezer. Posteriormente, as amostras congeladas foram liofilizadas, para a total remoção da água das pétalas, e moídas. A análise bioquímica dos extratos das pétalas foi realizada segundo a metodologia de Lee e Francis (1972), com adaptações. As amostras (0,05 g) dos 15 tratamentos foram embebidas em metanol acidificado (1% de HCl v/v) por 12 horas a 4 °C e, em seguida filtradas. Após este processo, o teor de antocianina foi quantificado a partir da leitura da absorbância a 510 nm, em um espectrofotômetro (Biochrom, modelo Libra S22). Por fim, o teor de antocianina (ΔA) foi determinado a partir das Equações 2 e 3:

$$\Delta A = \frac{A_{510} \times \text{fator de diluição}}{98,2} \quad \text{Equação 2}$$

$$\text{mg antocianina/100 g amostra} = \frac{\Delta A \times 100}{\text{peso da amostra}} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

ΔA – variação de absorbância;

A_{510} – absorbância no comprimento de onda de 510 nm;

Fator de diluição – (Volume do extrato/ Volume da alíquota) x 100.

Devido ao número limitado de flores para a análise da antocianina, houve a necessidade de reunir as amostras de cada tratamento de fertirrigação, em cada uma das malhas coloridas de sombreamento, para o conhecimento da quantidade média do pigmento nas pétalas das gérberas cultivadas sob as malhas vermelha, azul e preta. Deste modo, para a análise da antocianina as amostras não estavam divididas em blocos e para as leituras no espectrofotômetro foram realizadas seis replicatas, o que permitiu apenas uma análise descritiva estatística dos dados.

5.7.4. Análise e interpretação dos dados

Foi realizada uma análise estatística conjunta, em nível de 5 %, para verificar os efeitos dos tratamentos do experimento. Quando houve significância, foram realizados testes de Tukey para a comparação entre as médias das malhas coloridas de sombreamento e análises de regressão polinomial para a comparação entre as concentrações das soluções nutritivas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Variáveis micrometeorológicas

A partir dos dados obtidos pelos sensores, foi possível caracterizar o ambiente protegido, no qual foi realizado o estudo. Foram verificadas a temperatura e a umidade relativa (UR) máxima, mínima e média do ar, nas malhas vermelha, azul e preta, durante o período de condução do experimento. Foram observados valores de temperatura média do ar muito próximos entre as malhas coloridas, os quais foram sempre superiores aos da temperatura do ar do ambiente externo (Figura 8). A maior diferença entre as temperaturas máxima e mínima ocorreu entre as malhas vermelha e azul, sendo a diferença entre suas médias iguais a 3,18 °C e 0,81 °C, respectivamente (Tabela 4).

Na malha vermelha foram obtidas as maiores temperaturas máxima, mínima e média, sendo equivalentes, a 40,47 °C, 6,69 °C e 22,21 °C, respectivamente. Já as menores temperaturas máxima, mínima e média foram registradas na malha azul, sendo seus valores iguais a 37,29 °C, 5,88 °C e 21,45 °C, respectivamente. As temperaturas observadas na malha preta foram intermediárias às das outras duas malhas, sendo a máxima, a mínima e a média equivalentes a 39,08 °C, 6,19 °C e 21,85 °C. A temperatura média do ar externo ao ambiente protegido oscilou entre 25,40 °C e 13,51 °C (Figura 8).

Assim como observado nos valores de temperatura, os valores da UR média do ar, nas três malhas de sombreamento, foram bem semelhantes. Para esta variável, os registros de UR máxima apresentaram valores superiores a 90% nos três ambientes, considerando que os sensores utilizados para o monitoramento da UR possuem boa precisão para UR abaixo de 90%, podemos inferir que a UR máxima nas malhas vermelha, azul e preta foram muito semelhantes. Já a UR média e mínima registradas foram iguais a 71,06% e 18,62% na malha vermelha, 69,36% e 22,06% na malha azul e 80,65 e 26,32% na malha preta (Tabela 5). A maior diferença entre a UR média nas malhas coloridas ocorreu entre a malha preta e azul (11,29%). Apesar de haver pequenas diferenças das temperaturas médias e umidades relativas do ar entre as três malhas coloridas de sombreamento e o ambiente externo, todas estas variáveis apresentaram um mesmo comportamento ao longo dos dias de cultivo.

A diferença entre as umidades relativas do ar nas malhas pode ter ocorrido devido à presença de outras culturas, pertencentes a outros estudos, no mesmo local onde foram cultivadas as gérberas. Tais culturas possuíam diferentes áreas foliares, o que interfere na

evapotranspiração das plantas e, consequentemente, na umidade relativa do ar no ambiente, uma vez que quanto maior a área foliar, maior tende a ser a evapotranspiração de uma cultura.

Tabela 4. Valores das temperaturas máxima, mínima e média do ar obtidos pelos sensores instalados abaixo da cobertura das malhas coloridas de sombreamento.

Malha	Variável micrometeorológica		
	Temperatura Máxima (°C)		
	Máxima	Mínima	Média
Vermelha	40,47	6,69	22,21
Azul	37,29	5,88	21,45
Preta	39,08	6,19	21,85

Tabela 5. Valores da umidade relativa máxima, mínima e média do ar obtidos pelos sensores instalados abaixo da cobertura das malhas coloridas de sombreamento.

Malha	Variável micrometeorológica		
	Umidade Relativa (%)		
	Máxima	Mínima	Média
Vermelha	99,00	18,62	71,06
Azul	90,20	22,06	69,36
Preta	99,80	26,32	80,65

Figura 8. Comportamento da temperatura média do ar (A), umidade relativa média do ar (B) durante a condução do experimento nos ambientes correspondentes às malhas vermelha, azul e preta.

Os sensores utilizados para o monitoramento da radiação global (LI-200R) podem apresentar limitações quando alocados em ambientes protegidos, devido à sua resposta espectral. A fim de avaliar os valores de radiação solar obtidos pelos sensores LI-200R, foi realizada uma calibração com o radiômetro Eppley (Eppley, Precision Spectral Pyranometer-PSP, Newport, EUA). Para a calibração, os dois modelos de sensores foram nivelados e mantidos lado a lado, durante três dias, em cada uma das malhas coloridas (Figura 9).

Figura 9. Disposição dos sensores de radiação global, LI-200R e Eppley PSP, durante a calibração dos dados.

A partir dos dados das leituras dos dois modelos de sensores, foi realizada uma correlação entre os valores da radiação global, em cada malha colorida, e foi verificado, a partir de índices estatísticos, uma excelente correlação entre os sensores LI-200R e Eppley PSP (Apêndice A), e, portanto, não foi realizada correção dos valores de radiação global registrados pelo sensor LI-200R.

A transmissividade média de cada uma das malhas coloridas, somadas ao plástico de cobertura do ambiente protegido, foram obtidas pela diferença entre os valores da radiação solar externa ao ambiente protegido e interna em cada uma das malhas, ao longo do ciclo da cultura. Foi observado que o plástico de cobertura, somado à malha azul, à malha vermelha e à malha preta interceptou, em média, 70,34%, 64,14% e 65,33%, respectivamente, da radiação solar incidente (Figura 10).

Os valores da radiação global e da radiação PAR foram monitorados nas três malhas coloridas de sombreamento, desde a instalação dos sensores até o dia da colheita. Foi observado maior proximidade nos valores das radiações entre as malhas vermelha e preta, o que pode ser explicado por ambas proporcionarem, aproximadamente, 65% de sombreamento, enquanto que a malha azul proporcionou 70,34% de sombreamento e, portanto, o ambiente relativo a esta última malha esteve exposto à menor intensidade luminosa.

Os maiores valores da radiação global e da PAR foram registrados na malha preta ($5,41 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $13695,45 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, respectivamente), seguida pela malha vermelha ($5,06 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $13200,41 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e pela malha azul ($4,33 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $11970,06 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), como pode ser observado na Tabela 6. Apesar da diferença dos valores entre as variáveis de radiação, foi observado um mesmo comportamento da radiação global entre as malhas coloridas e o ambiente externo, e da PAR entre as malhas vermelha, azul e preta (Figura 10).

As maiores diferenças entre os valores de radiação global e PAR ocorreram entre as malhas preta e azul, com valores de $1,08 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $1725,39 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 6. Valores médios da radiação global e da PAR obtidas pelos sensores instalados abaixo da cobertura das malhas coloridas de sombreamento.

Malha	Variável micrometeorológica			
	Radiação Global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)		PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Vermelha	5,06	2,01	13200,41	5313,13
Azul	4,33	1,83	11970,06	4816,12
Preta	5,41	2,19	13695,45	1369,50

Figura 10. Comportamento da radiação global total diária no ambiente externo e interno ao ambiente protegido, em cada uma das malhas coloridas de sombreamento (A) e PAR total diária (B) nos ambientes correspondentes às malhas vermelha, azul e preta, utilizadas no experimento.

A alteração no espectro ocorre quando a luz, ao passar pelos orifícios das malhas coloridas, atinge os fios da mesma, o que culmina em modificação espectral e espalhamento da luz transmitida (ILIĆ; FALLIK, 2017). A utilização destas malhas de sombreamento permite alteração da qualidade espectral da luz que é direcionada às plantas, atuando como uma ferramenta para modificar o microambiente das culturas e promover o crescimento, a qualidade e a produtividade das plantas (ILIĆ; FALLIK, 2017, DUECK et al., 2016).

As malhas pretas reduzem a incidência de radiação nas culturas sem influenciar a qualidade da luz (MEIRELLES et al., 2007). As malhas coloridas vermelhas podem ser empregadas para a concentração da luz nas regiões do vermelho e vermelho-distante (pois intensificam a luz transmitida nos comprimentos de onda acima de 590 nm) e aumentar a absorção pelos fitocromos (ILIĆ; FALLIK, 2017, STAMPS, 2009). Já as malhas azuis, por transmitirem a luz com picos na região do azul e do verde, auxiliam na detecção por fotorreceptores envolvidos em respostas fototrópicas, influenciando no desenvolvimento das plantas (ILIĆ; FALLIK, 2017, STAMPS, 2009).

Uma vez que a malha preta não altera o espectro da luz transmitida ao ambiente protegido, ela tende a apresentar maiores valores da PAR, a qual corresponde à fração da luz no espectro do visível e é utilizada efetivamente pelas plantas para a realização da fotossíntese. As malhas vermelha e azul filtram a luz na região do vermelho e do vermelho-distante e na região do azul e do verde, respectivamente. Portanto, do total de radiação solar que chega ao ambiente protegido, partes são filtradas pelas malhas coloridas, acarretando em menor radiação PAR no ambiente coberto pelas malhas.

Muitos estudos vêm sendo realizados no intuito de elucidar os efeitos de malhas de sombreamento no cultivo de flores ornamentais como as gérbas (GUISELINI, 2002; PANDORFI, 2006), o lisianthus (ALMEIDA, 2017; OVADIA et al., 2009), as helicônias (CALABONI, 2014), o antúrio (NOMURA et al., 2009) e o girassol ornamental (NASCIMENTO et al., 2016).

6.2. Irrigação

O manejo da fertirrigação das gérbas foi realizado igualmente nas malhas azul, vermelha e preta, do início da aplicação das soluções nutritivas, no dia 24/03/2017 (11 dias após o transplântio - DAT) até o dia 02/05/2017 (50 DAT). A partir de então, optou-se por realizar as médias do volume evapotranspirado das amostras das malhas azul e vermelha e, separadamente, da malha preta até o fim do experimento, no dia 20/06/2017 (99 DAT). Este manejo distinto foi embasado em observações, que por vezes ocorreram, de valores

ligeiramente diferentes de evapotranspiração das plantas sombreadas pela malha preta em relação aos determinados nas outras duas malhas, nas quais os valores das lâminas de fertirrigação a serem acrescentadas diariamente eram sempre muito próximos (Figura 11).

Figura 11. Volume de solução nutritiva aplicado nas gérberas cultivadas sob as malhas vermelha e azul e sob a malha preta, ao longo da condução do experimento.

A evapotranspiração das plantas cultivadas em um ambiente protegido possui boa correlação com a radiação solar global que incide sobre o local de cultivo, sendo que quanto maiores são os valores da radiação solar ao longo do ciclo da cultura, maiores são as taxas de evapotranspiração (PANDORFI, 2006; GAVILÁN et al., 2015).

O déficit de pressão de vapor (DPV), a temperatura e a umidade relativa do ar do ambiente de cultivo também influenciam a evapotranspiração das plantas, sendo observado que quanto maior o DPV e a temperatura, maior é a evapotranspiração. Ao contrário, quanto menor é a umidade relativa do ar, maior é a evapotranspiração da cultura (HASHEM et al., 2011; JUNZENG et al., 2008).

A evapotranspiração de uma cultura depende de suas características fisiológicas e de variáveis ambientais como temperatura, umidade relativa do ar, déficit de pressão de vapor e radiação disponível no local de cultivo. Quanto maior a temperatura, menor é a umidade relativa do ar e maior tende a ser a evapotranspiração. A temperatura depende, principalmente, da disponibilidade de radiação, sendo que quanto maiores os valores de radiação, maior é a temperatura e maior é a taxa evapotranspirativa de uma planta.

Foi observado que as variáveis micrometeorológicas (Figuras 8 e 10) relacionadas à evapotranspiração apresentaram um mesmo comportamento e valores muito semelhantes em cada uma das malhas coloridas de sombreamento ao longo dos dias de cultivo, o que implicou em uma demanda de fertirrigação muito parecida nas três malhas, justificando os valores

próximos de consumo médio e total de soluções nutritivas nas malhas vermelha, azul e preta (Tabela 7).

Tabela 7. Volumes médio por vaso e total de soluções nutritivas aplicadas para a reposição das lâminas evapotranspiradas das gérberas, nas três malhas de sombreamento: preta, azul e vermelha.

Malha	Volume de soluções nutritivas (L)	
	Médio diário por vaso	Total
Preta	2,40	209,71
Azul	2,51	221,25
Vermelha	2,51	221,25

6.3. Índice de estresse hídrico da cultura – CWSI

Foram medidos os desvios da temperatura das folhas em relação à temperatura do ar nas três malhas de sombreamento aos 44, 51 e 58 DAT (Figura 12 A). Adicionalmente, foi realizada uma média das temperaturas obtidas nas folhas das gérberas, considerando os tratamentos de fertirrigação, nas malhas vermelha, azul e preta, nos três dias analisados (Figura 12 B). Foi verificado que no período correspondente entre as 12 e 15 horas ocorreram as maiores médias dos desvios das temperaturas das folhas em relação à temperatura do ar, concordando com o resultado obtido por DeJonge et al. (2015) para a cultura do milho cultivado no Colorado, EUA.

Os maiores desvios nos horários próximos ao meio-dia podem indicar maior susceptibilidade ao estresse hídrico da cultura neste período, uma vez que o CWSI foi calculado a partir da diferença de temperatura da folha da gérbera em relação à temperatura do ar, considerando a cultura sem estresse hídrico (linha de base de temperatura inferior) e cultura em uma situação em que a resistência à perda de água do dossel aumenta sem limites (superfície seca, linha de base de temperatura superior). Portanto, o cálculo do CWSI foi realizado a partir dos valores de temperatura obtidos às 13 horas nos três dias de avaliação.

Figura 12. Desvio padrão (σ) da temperatura das folhas das gérberas em relação à temperatura do ar de todos os tratamentos de fertirrigação, nas três malhas coloridas, nos três dias analisados (44, 51 e 58 DAT), no período da 09:00 às 17:00 horas (A) e médias do desvio padrão (σ) da temperatura das folhas das gérberas em relação à temperatura do ar nas três malhas coloridas (B).

De acordo com o resumo da análise de variância, houve efeito significativo do tratamento com malhas coloridas de sombreamento sobre o CWSI apenas aos 58 DAT (Tabela 8). Não foi verificada significância isolada para o tratamento de concentração de soluções nutritivas de fertirrigação sobre o CWSI em nenhum dos dias analisados, assim como não houve interação significativa estatisticamente entre os tratamentos aplicados.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para o índice de estresse hídrico (CWSI) das gérberas submetidas à concentrações de soluções nutritivas de fertirrigação e sombreamento com malhas coloridas.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		CWSI		
		44 DAT	51 DAT	58 DAT
Bloco	12	0,05 ns	0,02 ns	0,02 ns
Malhas	2	0,08 ns	0,07 ns	0,81 *
Solução Nutritiva (SN)	4	0,04 ns	0,09 ns	0,02 ns
Malhas x SN	8	0,03 ns	0,04 ns	0,05 ns
Erro	48	0,02	0,05	0,02
Total	74			
CV(%)		26,84	49,4	27,33

*, significativo em 5% pelo teste de Tukey; e, ns, não significativo.

Segundo Neto et al. (1995), os valores do CWSI variam entre zero, para plantas que se encontram em solos sem restrições de água, a um, para situações de estresse hídrico crítico. Aos 58 DAT a média do CWSI na malha vermelha foi maior em relação às das malhas azul e preta, com maior diferença nos 58 DAT. Foi verificado que a média do CWSI na malha vermelha apresentou-se muito próxima de 1 (0,70), enquanto que nas malhas azul e preta as médias do CWSI foram inferiores à 0,5, com valores de 0,36 e 0,42; respectivamente, indicando plantas mais estressadas sob a malha vermelha. Como as variáveis micrometeorológicas (temperatura, umidade e radiação global) nos ambientes proporcionados pelas três malhas coloridas de sombreamento foram muito próximas, a diferença entre as médias do CWSI pode ser justificada pelo movimento do sol em relação às malhas coloridas de sombreamento e à vegetação no entorno da estufa, de forma que em períodos do dia existiu sombreamento causado pela vegetação externa à estufa nas gérberas, diminuindo a temperatura foliar e, consequentemente, o CWSI.

6.4. Características biométricas

6.4.1. Matéria Fresca e Seca

A análise de variância mostrou diferença significativa para a matéria fresca do capítulo floral (MFCF), da haste (MFH) e total (MFT) das gérberas, demonstrando interação entre os tratamentos de concentração de solução nutritiva de fertirrigação e das malhas coloridas de sombreamento (Tabela 9). O mesmo não foi observado para a variável MFF, a qual não apresentou resposta significativa aos tratamentos aplicados. Não foi observada significância isolada sobre a massa fresca das partes aéreas das gérberas, tanto para as malhas

quanto para as concentrações de solução nutritiva, com exceção da MFT, que apresentou diferença significativa apenas para o tratamento das concentrações das soluções nutritivas de fertirrigação.

Tabela 9. Resumo da análise de variância da massa fresca das gérberas, ao fim do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Massa fresca			
		Capítulo Floral	Haste	Folha	Total
Bloco	12	71,26 ns	15,52 ns	77,56 ns	230,78 ns
Malhas	2	127,72 ns	43,82 ns	2,37 ns	417,37 ns
Solução Nutritiva (SN)	4	88,30 ns	38,34 ns	187,44 ns	715,57 *
Malhas x SN	8	243,34 *	44,81 *	23,67 ns	624,77 *
Erro	48	79,56	17,18	96,86	228,92
Total	74				
CV(%)		36,94	37,42	28,28	20,69

*, significativo em 5% pelo teste de Tukey; e, ns, não significativo.

No desdobramento em que foram fixadas as malhas coloridas de sombreamento para estudar o efeito das concentrações de fertirrigação na produção de massa fresca, não foi verificada diferença significativa entre as soluções nas malhas vermelha e preta. Por outro lado, o ambiente da malha azul proporcionou efeito significativo entre as recomendações nutricionais, com ajuste ao modelo linear (Figura 13). Nesta malha, a solução com a concentração de 25% proporcionou as maiores médias de MFCF, MFH e MFT (35,83, 16,16 e 95,64 g, respectivamente). A partir destes valores, a produção de biomassa decresceu linearmente com o aumento da concentração da solução aplicada. A concentração de 125% correspondeu à menor produção de MSCF, MFH e MFT, resultando em um decréscimo de 22,69, 11,30 e 44,73 g, respectivamente (Tabela 10).

A fertirrigação com a solução nutritiva de 25% apresentou maiores médias de MFCF, MFH, e MFT na malha azul, apesar de se diferenciar estatisticamente apenas da solução nutritiva de 125% em relação à MFCF e das soluções 50% e 100% em relação à MFH. No desdobramento em que foram fixadas as soluções nutritivas para estudar o efeito das malhas, foram observadas maiores médias de MFCF, MFH e MFT, quando aplicada a solução nutritiva mais concentrada (125%), nas malhas vermelha e preta, apesar desta última não se diferenciar estatisticamente da malha azul. Quando fixada a solução menos concentrada (25%), foram verificadas maiores médias de MFT e MFCF na malha azul, apesar de não ter existido

diferença estatística entre as médias da malha azul e da malha vermelha para a variável MFCF (Tabela 10).

Tabela 10. Comparação da interação entre as médias da massa fresca das gérberas, obtidas no final do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Massa Fresca Capítulo Floral – MFCF (g)					
Malha	25%	50%	75%	100%	125%
Vermelha	23,70 ab A	30,36 a A	23,72 a A	23,09 a A	20,50 ab A
Azul	35,83 a A	21,24 a AB	20,67 a AB	20,41 a AB	13,14 b B
Preta	20,06 b A	26,33 a A	30,85 a A	20,05 a A	32,18 a A
Massa Fresca Haste - MFH (g)					
Vermelha	11,12 a A	13,05 a A	10,61 a A	11,27 a A	8,39 ab A
Azul	16,16 a A	10,41 a AB	8,60 a B	9,26 a AB	4,86 b B
Preta	10,47 a A	15,07 a A	13,18 a A	9,38 a A	14,34 a A
Massa Fresca Total - MFT (g)					
Vermelha	79,40 b A	77,37 a A	79,80 a A	70,04 a A	64,62 ab A
Azul	95,64 a A	64,83 a B	67,15 a B	64,33 a B	50,91 b B
Preta	68,81 b A	81,33 a A	86,11 a A	65,44 a A	80,81 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula, em colunas; e maiúscula, em linhas; não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade

Figura 13. Regressão com ajuste linear para o efeito das soluções nutritivas de fertirrigação na malha azul sobre a massa fresca do capítulo floral (A), da haste (B) e total (C) das gérbereas.

Para a matéria seca da parte aérea das plantas, o resumo da análise de variância mostrou significância estatística para a interação entre os tratamentos de concentração de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento para a MSCF, a MSH, a MSF e a MST (Tabela 11). Foi observado, ainda, significância isolada para as soluções nutritivas de fertirrigação sobre a MSH e a MST.

Tabela 11. Resumo da análise de variância da massa seca das gérbas, ao fim do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Massa seca			
		Capítulo Floral	Haste	Folha	Total
Bloco	12	1,47 ns	0,123 ns	1,59 ns	3,37 ns
Malhas	2	3,15 ns	0,73 ns	5,45 ns	19,34 ns
Solução Nutritiva (SN)	4	1,00 ns	0,06 *	0,48 ns	0,87 *
Malhas x SN	8	8,74 *	1,02 *	8,97 *	24,70 *
Erro	48	1,65	0,19	1,65	3,8
Total	74				
CV(%)		34,76	33,99	31,94	28,32

*, significativo em 5% pelo teste de Tukey; e, ns, não significativo.

Não foram identificadas diferenças significativas entre as concentrações de fertirrigação nas malhas vermelha e preta sobre a massa seca da parte aérea das gérbas (Tabela 12). Entretanto, na malha azul foi observada diferença estatística entre as soluções nutritivas (Tabela 12). A análise estatística demonstrou ajuste quadrático para a MSCF, MSF, MST, e MSH, entretanto, não foi possível uma explicação fisiológica plausível do comportamento da matéria seca das partes aéreas das gérbas com o aumento da concentração da solução nutritiva de fertirrigação, e, assim, foram demonstradas as médias de MSCF, MSH, MSF e MST na malha azul, com as aplicações das soluções de fertirrigação (Figura 14).

No desdobramento em que foram fixadas as concentrações de fertirrigação para avaliar o efeito das malhas coloridas de sombreamento na produção de massa seca, não foram verificadas diferenças significativas entre as cores de malha quando aplicadas as soluções 75% e 100%. Entretanto, a concentração de 25% implicou em maiores médias de MSCF, MSH, MSF e MST na malha azul (Tabela 12), apesar de não ter havido diferença significativa em relação às médias da MSCF e da MSF, quando aplicada a solução 100% (Tabela 12). Já a solução com 50% dos nutrientes da solução padrão promoveu maiores médias de massa seca da parte aérea das gérbas nas malhas vermelha e preta. A fertirrigação com a solução mais concentrada (125%) implicou em menores médias na malha azul, apesar de se diferenciar estatisticamente da malha vermelha apenas em relação à MSCF (Tabela 12).

Tabela 12. Comparação da interação entre as médias da massa seca das gérberas, obtidas no final do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Massa Seca Capítulo Floral – MSCF (g)					
Malha	25%	50%	75%	100%	125%
Vermelha	2,52 b A	4,96 a A	4,14 a A	3,38 a A	4,21 a A
Azul	5,31 a A	1,44 b C	2,68 a BC	4,07 a AB	2,94 b BC
Preta	2,60 b A	4,10 a A	2,60 a A	4,62 a A	4,62 a A
Massa Seca Haste - MSH (g)					
Vermelha	0,90 b A	1,54 a A	1,41 a A	1,24 a A	1,26 ab A
Azul	2,02 a A	0,65 b B	1,03 a B	1,00 a B	0,87 b B
Preta	1,13 b A	1,81 a A	1,17 a A	1,59 a A	1,58 a A
Massa Seca Folhas - MSF (g)					
Vermelha	3,19 b A	5,23 a A	4,70 a A	3,62 a A	4,51 ab A
Azul	5,66 a A	1,73 b C	2,86 a BC	4,12 a AB	3,05 b BC
Preta	2,91 b A	4,84 a A	4,00 a A	5,07 a A	4,83 a A
Massa Seca Total - MST (g)					
Vermelha	7,43 b A	14,70 a A	12,26 a A	8,99 a A	11,48 ab A
Azul	13,06 a A	6,22 b B	8,37 a B	9,89 a B	7,63 b B
Preta	8,17 b A	11,21 a A	9,47 a A	13,08 a A	13,74 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula, em colunas; e maiúscula, em linhas; não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade

Figura 14. Médias do efeito das soluções nutritivas de fertirrigação sobre a massa seca do capítulo floral (A), das hastes (B), das folhas (C) e total (D) das gérbéras.

Para as plantas e flores ornamentais, a análise de matéria fresca ao final do ciclo da cultura é extremamente relevante, uma vez que os produtos deste segmento são comercializados imediatamente ao atingir os padrões comerciais, sendo, na maioria das vezes, descartados posteriormente. Portanto, torna-se importante uma definição de concentrações de nutrientes a serem aplicadas via fertirrigação que promovam melhores características físicas das culturas, com o objetivo de alcançar os padrões de qualidade estabelecidos para a comercialização.

As plantas absorvem a água através de uma diferença de potencial existente no interior de suas células e a solução do meio no qual ela é cultivada, sendo que o fluxo ocorre de um meio menos concentrado para um mais concentrado (TAIZ; ZEIGER, 2013). Desta maneira, o aumento da concentração de nutrientes nas soluções de fertirrigação interferem no potencial osmótico do meio e podem diminuir a absorção das soluções pelas raízes das plantas, acarretando em menor produção de biomassa fresca. Além disso, soluções mais

concentradas podem fornecer nutrientes em excesso para as culturas e interferir negativamente no seu desenvolvimento.

Uma das formas de se avaliar a salinidade de um substrato é a partir da determinação da condutividade elétrica (CE) de sua solução. O aumento da concentração de nutrientes nas soluções de fertirrigação implicam em maiores valores de CE (FOLEGATTI et al., 2001). De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que, de uma maneira geral, à medida em que a CE das soluções dos substratos aumentaram, a produção de biomassa fresca das partes aéreas das plantas diminuiu nas malhas vermelha e azul, o que pode indicar estresse salino da cultura nestes ambientes. Apesar de ter sido observada redução da massa fresca da parte aérea das gérberas na malha azul com o aumento da concentração dos nutrientes nas soluções de fertirrigação, não foram verificados sintomas visuais de toxidez. Este resultado corrobora com Grieve & Poss (2010) que observaram redução massa fresca de duas cultivares de girassol ornamental, Moonbright e Sunbeam, com o aumento da concentração da solução nutritiva aplicada.

Resultado oposto foi encontrado por Oliveira et al. (2017), ao avaliarem o desenvolvimento e a produtividade do girassol ornamental submetido à irrigação com diferentes lâminas e diluições de água residuária ($1,0 \text{ dS m}^{-1}$). Os autores observaram, que no final do ciclo da cultura, houve um comportamento linear positivo entre o aumento da concentração de água residuária e a massa fresca do girassol ornamental, sendo o valor máximo atingido com a aplicação da solução contendo apenas água residuária (100%). Este contraste entre os resultados pode ter ocorrido devido à baixa concentração de nutrientes presentes na água residuária utilizada pelos autores.

A combinação da malha azul com a solução 25% proporcionou as maiores médias de massa seca de todas as partes aéreas das gérberas analisadas (capítulo floral, haste, folha e total).

Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (2009) ao estudar a resposta do girassol ornamental cultivado sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. Os autores verificaram redução da massa seca total das plantas, das folhas, das hastes, das raízes e dos capítulos, quando foram aplicadas soluções com CE de $3,5$ e $6,5 \text{ dSm}^{-1}$, em relação a uma solução com menor concentração de nutrientes, com CE de $0,5 \text{ dSm}^{-1}$.

Ludwig et al. (2010a) avaliaram as características de crescimento e produção de gérberas, cultivar Orange, no período reprodutivo fertirrigadas com duas soluções nutritivas ($1,07$ e $2,04 \text{ dS m}^{-1}$) e observaram maiores valores de massa seca com a aplicação da solução nutritiva de maior concentração. Os autores justificaram este resultado com a hipótese de a

solução mais concentrada fornecer maior quantidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio, o qual pode interferir na fotossíntese das plantas e, conseqüentemente, em seu crescimento vegetativo. Mota (2007) também constatou maior massa seca nas gérberas, cultivar Cherry, ao aplicar uma solução nutritiva de CE igual a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e para o cultivar Golden Yellow, com uma solução mais concentrada, sendo esta equivalente a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Tendo em vista o capítulo floral como a parte das gérberas mais admirada pelos consumidores, não foi verificado efeito significativo isolado da qualidade da luz sobre a massa fresca e seca da variável. Corroborando o resultado obtido, Nascimento et al. (2016) não observaram diferença estatística entre a matéria seca das folhas, hastes e inflorescências do girassol ornamental, cultivar Sunflower Pollenless Sunbright, submetidas ao sombreamento por malhas ChromatiNet® azul e ChromatiNet® vermelha, ambas com capacidade de sombreamento igual a 50%. Entretanto os autores encontraram maior massa seca para plantas cultivadas à pleno sol e justificaram que as plantas não sombreadas podem apresentar folhas mais espessas e metabolismos mais ativo. Já Costa et al. (2010) verificaram redução da massa seca da planta medicinal *Ocimum selloi* cultivada sob a malha azul em relação à sobreada pela malha vermelha (ambas as malhas proporcionavam 50% de sombreamento). A redução da matéria seca foi explicada pelos autores como uma possível redução da taxa de assimilação do CO_2 nas plantas da malha azul.

A redução da biomassa de uma cultura, em alguns casos, pode não ser considerada prejudicial se não houver danos visíveis característicos da lesão salina (CASSANITI et al., 2013). Diante dos resultados obtidos no presente trabalho e na literatura, verificou-se que as repostas das culturas dependem não somente das condições do meio do substrato de cultivo e das características micrometeorológicas do ambiente, mas principalmente da cultivar estudada.

6.4.2. Altura e área foliar

Os resultados do resumo da análise de variância não mostraram significância estatística ($p > 0,05$) para os tratamentos de malhas coloridas de sombreamento e para a interação entre os tratamentos sobre a altura das hastes (AH) e a área foliar (AF) da gérbera (Tabela 13). Entretanto, foi observado efeito significativo dos tratamentos de fertirrigação sobre a altura das hastes (AH, Tabela 14) da cultura, com ajuste linear (Figura 15).

Tabela 13. Resumo da análise de variância da altura das hastes das gérberas e da área foliar, ao fim do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Fontes de variação	Quadrados Médios		
	GL	Altura Haste	Área Foliar
Bloco	12	20.07 *	49478.39 ns
Malhas	2	0.22 ns	30355.3 ns
Solução Nutritiva (SN)	4	28.60 *	103713.99 ns
Malhas x SN	8	8.72 ns	50685.33 ns
Erro	48	9,16	68705,41
Total	74		
CV(%)		18,27	27,31

*, significativo a 5% pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de probabilidade; e, ns, não significativo.

Tabela 14. Comparação entre as médias da altura das hastes das gérberas e da área foliar, obtidas no final do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Malha	Altura Haste (cm)	Área Foliar (cm ²)
Vermelha	16,51 a	956,57 a
Azul	16,67 a	995,73 a
Preta	16,50 a	926,23 a
Fertirrigação		
25%	17,20 ab	1045,74 a
50%	18,27 a	885,69 a
75%	15,19 ab	1053,27 a
100%	17,60 ab	893,27 a
125%	15,09 b	919,57 a

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 15. Regressão com ajuste linear para o efeito das soluções nutritivas de fertirrigação sobre a altura das hastes das gérberas no ponto de comercialização.

A maior média das alturas das hastes das gérberas foi obtida com a aplicação da solução nutritiva 50% (Figura 15), apesar de esta solução se diferenciar estatisticamente apenas da solução 125%, a qual proporcionou menores alturas das plantas ao final do ciclo de cultivo, sendo sua média 3,08 cm inferior da média obtida com a solução 50%. Concordando com os resultados encontrados, Mota (2009) constatou redução da altura das hastes de gérberas, cultivares Golden Yellow e Cherry, com o aumento da concentração dos nutrientes nas soluções nutritivas de fertirrigação. O autor também observou padrão comercial, em relação à altura das hastes, mesmo nas plantas fertirrigadas com soluções muito concentradas ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$). Ludwig et al (2010a) também não verificaram diferença significativa na altura de quatro cultivares de gérberas submetidas à fertirrigação com soluções com diferentes CE ($0,92$ e $1,76 \text{ dS m}^{-1}$ no período vegetativo e $1,07$ e $2,04 \text{ dS m}^{-1}$ no período reprodutivo). Já Silva et al. (2009) encontrou redução na altura do girassol ornamental em 37 e 50% das plantas que foram fertirrigadas com soluções de CE de $3,5$ e $6,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, em relação às irrigadas com solução de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Os autores salientam que este comportamento é uma característica do girassol ornamental quando exposto a condições excessivas de salinidade.

Segundo Shannon e Grieve (1999), plantas submetidas ao estresse salino tendem a apresentar redução na taxa de crescimento e menor altura em relação às plantas não estressadas. A influência da salinidade sobre o crescimento das plantas ocorre por meio do efeito osmótico, que pode provocar o déficit hídrico, e, ainda pela toxidez ou desordem nutricional que pode ocorrer pela presença de íons específicos (MUNNS, 2002). De acordo com os padrões de qualidade das gérberas cultivadas em pote 14, propostos pelo Ibraflor e pela cooperativa Veiling de Holambra, as gérberas devem apresentar altura mínima de 14 cm e máxima de 30 cm. Com base nos resultados obtidos, é possível observar que a solução com maior concentração de nutrientes, 125%, pode ter provocado estresse salino na cultura, pois as plantas deste tratamento apresentaram menor altura em relação aos demais. Entretanto, a aplicação da solução 125% não impossibilitou a comercialização das flores, uma vez que a média de altura da haste deste tratamento foi 1,09 cm superior ao limite mínimo proposto no padrão de qualidade.

Dentre as soluções nutritivas aplicadas, a solução de 75% de concentração de nutrientes promoveu a maior AF, a qual apresentou valores médios superiores em 7,53; 133,70; 160,00 e 167,58 cm^2 em relação às soluções 25%, 125%, 100%, e 50%, respectivamente, apesar de não haver diferença estatística entre eles (Tabela 14). Este resultado corrobora com Zheng et al. (2004), que não observaram alteração na AF da gérbera,

cultivar Shogun, com a aplicação de soluções nutritivas, CE de 0,2; 0,5; 1,0 e 1,7 dS m⁻¹. Ludwig et al. (2010a), também não observaram diferença na altura das hastes de cultivares de gérberras fertirrigadas com soluções nutritivas de diferentes CE. Silva et al. (2009) verificaram diferença, aos 42 e 70 dias após a semeadura, na altura do girassol ornamental fertirrigado com soluções de CE 0,5; 3,5; 6,5 dS m⁻¹. Os autores observaram redução na área foliar da cultura conforme o aumento da concentração da solução aplicada.

A redução da área foliar pode ocorrer em resposta ao estresse hídrico que uma cultura é submetida, pois, desta forma, as plantas diminuem a área da superfície na qual ocorre a transpiração e, conseqüentemente, a perda de água (TAIZ; ZEIGER 2013). Segundo os autores, este mecanismo de redução pode ocorrer pela diminuição da divisão e expansão das células foliares. A exposição ao estresse salino também pode causar redução na área foliar das culturas (SHANNON; GRIEVE, 1999). De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar que as soluções mais concentradas, 100% e 125%, não provocaram estresse salino capaz de interferir negativamente na área foliar das gérberras.

As gérberras apresentaram medias de altura muito próximas nas malhas vermelha, azul e preta, sendo elas iguais a 16,51; 16,57 e 16,50 cm, respectivamente. Em geral, a qualidade da luz transmitida por malhas coloridas pode interferir diretamente no crescimento das plantas, por meio da relação entre pigmentos e fotorreceptores que controlam diversos estágios de desenvolvimento das plantas (BATSCHAUER, 1998). Segundo Shahak et al. (2004), quando comparadas com as malhas pretas, as malhas vermelhas e amarelas estimulam o crescimento vegetativo, enquanto as culturas cultivadas sob malhas azuis podem apresentar menor comprimento de hastes. O fato de não ter havido diferença significativa causada pelas malhas coloridas concordou com os resultados obtidos por Nascimento et al. (2016), que não observaram efeito significativo da diferença da qualidade da luz proporcionada por malhas de sombreamento ChromatiNet® azul e ChromatiNet® vermelha (50% de sombreamento) sobre a altura do girassol ornamental, cultivar Sunflower Pollenless Sunbright. Entretanto, Almeida et al. (2016) constataram maior altura de lisianthus, cultivar Snow White, cultivado sob as malhas vermelha e preta, em relação às plantas cultivadas sob a malha azul. Já Lima et al. (2010) verificaram maior altura de antúrio, cultivar Apalai, sob malhas pretas de sombreamento, em relação às sombreadas por malhas azul e vermelha, todas com proporção de 70% de sombreamento.

Da mesma forma que a altura das gérberras não sofreram efeito significativo das malhas coloridas de sombreamento, não foi observada diferença estatística destes tratamentos sobre a área foliar da cultura. Corroborando os resultados obtidos, Brant et al. (2009) não

verificaram diferença significativa na área foliar da melissa (*Melissa officinalis* L.) quando cultivadas sob malhas azul, preta e vermelha, com 50% de sombreamento. Lima et al. (2010) também não constatarem diferença significativa para antúrio, cultivar Apalai, sombreado por malhas azul e vermelha. Entretanto os autores observaram maior área foliar nas plantas cultivadas sob malha preta. A partir dos resultados obtidos no presente estudo e na literatura, pode-se inferir que a qualidade da luz proporcionadas por malhas coloridas de sombreamento pode causar diferentes resultados no desenvolvimento das plantas, dependendo principalmente da cultura estudada.

6.4.3. Diâmetro do capítulo floral e da haste

O resumo da análise de variância não apresentou efeito significativo dos tratamentos de malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação sobre o diâmetro do capítulo floral (Tabela 15). Para o diâmetro da haste, foi observada diferença estatística ($p>0,05$) apenas no tratamento de concentração de soluções nutritivas sobre as hastes das gérberas, com ajuste linear (Figura 16).

Tabela 15. Resumo da análise de variância dos diâmetros externos e internos do capítulo floral e da haste das gérberas, ao fim do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetros	
		Capítulo Floral	Haste
Bloco	12	156,58 ns	0,59 ns
Malhas	2	20,4 ns	1,08 ns
Solução Nutritiva (SN)	4	168,51 ns	1,14 *
Malhas x SN	8	131,43 ns	0,219 ns
Erro	48	221,77	0,38
Total	74		
CV(%)		17,78	11,78

*, significativo em 5% pelo teste de Tukey; e, ns, não significativo.

O capítulo floral (CF) corresponde à parte da gérbera mais admirada pelos consumidores. No presente estudo, as médias dos diâmetros dos CF foram muito semelhantes, tanto no tratamento com malhas coloridas de sombreamento quanto no tratamento com concentração de soluções nutritivas de fertirrigação (Tabela 16). Ludwig et al. (2010a) também não encontraram diferença significativa no diâmetro do CF das gérberas com a aplicação de soluções nutritivas de fertirrigação com diferentes concentrações. Entretanto, os

autores verificaram efeito significativo no diâmetro do CF ao fazer uma comparação entre cultivares de gérberas, e justificaram tal distinção devido ao potencial genético de cada cultivar. Segundo Santos e Carlesso (1998), a exposição de plantas ao deficit pode afetar de maneira diferenciada as características vegetativas e reprodutivas, sendo esta última afetada de maneira menos severa devido à possível redução do consumo de água durante o desenvolvimento da cultura para alcançar a fase produtiva. Deste modo, devido ao efeito osmótico causado pela salinidade, as plantas em situações de estresse salino podem apresentar estratégias semelhantes para completar seu ciclo. As médias do diâmetro do CF das gérberas verificadas neste estudo foram semelhantes às encontradas na literatura, as quais variam entre 80 e 86 mm (LUDWIG et al., 2010b; GUERRERO et al., 2013).

O sombreamento proporcionado por diferentes colorações de malha não proporcionou efeito significativo sobre os diâmetros das hastes das gérberas. Já em relação ao tratamento com diferentes concentrações de nutrientes na solução de fertirrigação, foi verificada diferença estatística apenas entre as soluções nutritivas de 25% e 125% (Tabela 16).

Tabela 16. Comparação entre as médias da altura do diâmetro do capítulo floral e das hastes das gérberas, obtidas no final do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

	Capítulo Floral (mm)	Haste (mm)
Malha		
Vermelha	84,07 a	5,27 a
Azul	84,61 a	4,99 a
Preta	82,63 a	5,39 a
Fertirrigação		
25%	85,53 a	5,56 a
50%	81,47 a	5,15 ab
75%	86,75 a	5,41 ab
100%	79,04 a	5,11 ab
125%	86,75 a	4,85 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Foi observado que o aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva de fertirrigação acarretou em redução do diâmetro das hastes (Figura 16). Correlação semelhante foi observada por Silva et al. (2009) no girasol ornamental. Os autores verificaram que a cultura apresentou hastes mais finas com a aplicação de soluções nutritivas de CE de 6,5 dS m⁻¹ em relação às que receberam soluções de CE 0,5 e 6,5 dS m⁻¹. Estes resultados corroboram com Ludwig et al. (2010a), que observou hastes de maior diâmetro, para a

cultivar Golden Yellow, quando aplicadas soluções nutritivas de menor CE. Sonneveld (2000) justifica que a salinidade pode acarretar em redução da espessura das hastes das plantas. Deve haver boa relação entre a altura e o diâmetro das hastes das plantas para que haja sustentação da cultura, diminuindo os riscos de danos e até mesmo de quebra, o que impossibilitaria a comercialização do produto (LUDWIG et al, 2010).

Figura 16. Regressão com ajuste linear para o efeito das soluções nutritivas de fertirrigação na sobre o diâmetro das hastes das gérberas no ponto de comercialização.

6.5. Número de flores, folhas e classificação das gérberas quanto ao padrão de qualidade

Os tratamentos de sombreamento por malhas coloridas e de fertirrigação com soluções nutritivas não apresentaram efeito significativo sobre o número de flores (NF) e de folhas (NFo) produzidas em cada um dos vasos cultivados. A classificação dos vasos (CLV), conforme as características propostas pelo Ibraflor e pela cooperativa Veiling de Holambra, também não foi influenciada pelos tratamentos aplicados no estudo, como pode ser verificado na Tabela 17.

Tabela 17. Resumo da análise de variância do número de flores e folhas das gérberras e classificação dos vasos segundo os critérios qualidade para comercialização, ao fim do ciclo da cultura, submetidas aos tratamentos concentrações de solução nutritiva de fertirrigação e malhas coloridas de sombreamento.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Número de Flores	Número de Folhas	Classificação
Bloco	12	0,13 ns	0,09 ns	0,07 ns
Malhas	2	0,21 ns	0,04 ns	0,13 ns
Solução Nutritiva (SN)	4	0,13 ns	0,14 ns	0,06 ns
Malhas x SN	8	0,16 ns	0,07 ns	0,12 ns
Erro	48	0,16	0,08	0,09
Total	74			
CV(%)		10,24	25,56	16,11

*, significativo em 5% pelo teste de Tukey; e, ns, não significativo.

Como mencionado anteriormente, a alta concentração de nutrientes pode implicar em alteração do potencial osmótico e acarretar déficit hídrico nas culturas, as quais podem responder de maneira menos expressiva nas características reprodutivas em relação às vegetativas (SANTOS; CARLESSO, 1998). Não foi constatada diferença estatística das concentrações das soluções nutritivas sobre o número de flores, de folhas e classificação quanto ao padrão de qualidade. Concordando com os resultados obtidos, Ludwig et al. (2010a) não observaram efeito significativo de soluções nutritivas com CE equivalentes à 0,92 e 1,76 dS m⁻¹ no período vegetativo e 1,07 e 2,04 dS m⁻¹ no período reprodutivo sobre o número de folhas e de capítulos florais no cultivo de quatro cultivares de gérberra. Os autores verificaram médias de 2,6 e 3,0 capítulos florais e 23,7 e 23,9 folhas por vaso, quando aplicada a solução menos e mais concentrada, respectivamente. Mota (2007) também não constatou diferença estatística sobre o número de capítulos florais de gérberras cultivares Cherry e Golden Yellow ao aplicar soluções nutritivas de CE de 0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹. No entanto, a autora verificou efeito significativo da CE sobre o número de folhas, unicamente para a cultivar Golden Yellow, o que permite inferir que a diferença ocorreu devido a características intrínsecas a cada cultivar.

Os vasos em todas as malhas foram todos classificados como A1, o que pode ter sido devido ao controle preventivo de pragas realizado quinzenalmente. Foi observado um número médio de 15 folhas e três gérberras em cada vaso em todos os tratamentos, considerando o ciclo todo da cultura no período estudado. Entretanto, no padrão comercial, o número médio de flores bem formadas variou entre 1 e 2, o que fez com que grande parte dos vasos fossem classificados como classe I e II (Figura 17). Foram encontrados vasos de classe I, II e III em todas as malhas. Contudo, apenas na malha vermelha foram verificados vasos de classe IV,

com quatro flores bem formadas. Foram produzidas 47 flores na malha azul, 42 na malha vermelha e 33 na malha preta.

Figura 17. Quantidade unitária e porcentagem de vasos de géberas classificados em classes I, II, III e IV, segundo os critérios adotados pela Cooperativa Velling Holambra, nas malhas azul (A), preta (B) e vermelha (C).

6.6. Índice de clorofila

O índice de clorofila *a*, *b* e total foram avaliados ao longo do ciclo da gébera e apresentaram respostas diferenciadas ao tratamento de malhas de sombreamento. As malhas coloridas proporcionaram efeito significativo sobre o índice de clorofila *a* aos 31 e 59 DAT, sobre o índice de clorofila *b*, aos 99 DAT e, sobre o índice de clorofila total aos 59 e 99 DAT (Tabelas 18 e 19).

Tabela 18. Resumo da análise de variância para a clorofila, em Unidade Falker, obtidas nas folhas das gérberas submetidas a concentrações de soluções nutritivas de fertirrigação e sombreamento com malhas coloridas, aos 31, 38 e 59 DAT.

Quadrados Médios										
Clorofila - Unidade Falker										
Fontes de Variação	GL	31 DAT			38 DAT			59 DAT		
		a	b	total	a	b	total	a	b	total
Bloco	12	6,07 ns	12,14 ns	46,12 ns	4,42 ns	8,38 ns	14,23 ns	9,77 *	17,03 *	38,37 ns
Malhas	2	20,73 *	20,12 ns	82,08 ns	1,18 ns	18,88 ns	38,91 ns	23,19 *	18,08 ns	170,19 *
Solução Nutritiva (SN)	4	7,24 ns	19,33 ns	80,33 ns	8,67 ns	19,37 ns	53,74 ns	9,11 ns	10,21 ns	24,08 ns
Malhas x SN	8	7,78 ns	11,56 ns	28,63 ns	3,54 ns	11,42 ns	22,96 ns	3,86 ns	12,88 ns	14,68 ns
Erro	48	3,8	9,17	34,68	3,53	7,31	18,32	3,32	8,26	21,07
Total	74									
CV (%)		4,66	16,7	9,54	4,56	15,39	7,32	4,29	14,82	7,37

*, significativo em 5% pelo teste de Tukey; e, ns, não significativo.

Tabela 19. Resumo da análise de variância para a clorofila, em Unidade Falker, obtidas nas folhas das gérberas submetidas a concentrações de soluções nutritivas de fertirrigação e sombreamento com malhas coloridas, aos 68 e 99 DAT.

Quadrados Médios							
Clorofila - Unidade Falker							
Fontes de Variação	GL	68 DAT			99 DAT		
		a	b	total	a	b	total
Bloco	12	16,28 ns	15,09 *	40,44 ns	18,05 ns	10,88 ns	37,80 ns
Malhas	2	22,72 ns	7,76 ns	40,11 ns	21,81 ns	42,92 *	195,35 *
Solução Nutritiva (SN)	4	15,58 ns	5,49 ns	14,12 ns	13,02 ns	5,16 ns	43,08 ns
Malhas x SN	8	9,18 ns	2,13 ns	7,87 ns	17,97 ns	7,41 ns	69,87 ns
Erro	48	14,96	7,04	21,09	18,36	6,84	38,41
Total	74						
CV (%)		9,58	15,41	7,86	11,75	14,24	11,25

*, significativo em 5% pelo teste de Tukey; e, ns, não significativo.

O teor de clorofila pode ser correlacionado com o teor de N presente nas folhas das plantas. O N é constituinte da estrutura da clorofila, o que faz com que exista uma relação positiva entre eles e, por isso, em muitos estudos o índice de clorofila é utilizado para o controle da adubação nitrogenada de culturas. Segundo Mota (2009), existe um limite máximo de conteúdo de clorofila nas plantas, sendo que a partir deste valor não há mais resposta à adubação de N. Todavia, no presente estudo não foi verificada resposta significativa dos índices de clorofila *a*, *b* e total aos tratamentos de fertirrigação em todos os dias analisados (Tabelas 18 e 19).

Foi verificado menores índices de clorofila *a* na malha vermelha aos 31 e 59 DAT, de clorofila *b* aos 99 DAT e de clorofila total aos 59 e 99 DAT, em relação às malhas azul e preta, entre as quais não houve diferença estatística para nenhum índice de clorofila (Tabela 20). Concordando com os resultados obtidos, Melo e Alvarenga (2009) identificaram, por meio de análise bioquímica e leitura em espectrofotômetro, maior teor de clorofila *a*, *b* e total na *Catharanthus roseus*, cultivar Pacífica White, sob malhas azul e preta em relação à malha vermelha. Já Lima et al. (2010) encontraram, a partir de leituras em espectrofotômetro, maiores teores de clorofilas *a*, *b* e total no antúrio, cultivar Apalai, cultivado sob malha preta em relação às malhas azul e vermelha, sendo que, entre as duas últimas não foram verificadas diferenças estatísticas. Segundo Ouzounis et al. (2014), os efeitos nas plantas causados pela razão entre o vermelho e o azul na luz dependem da espécie. Os comprimentos de onda da luz na região do vermelho e do azul são as principais fontes de energia para a realização da fotossíntese e assimilação de CO₂, influenciando, desta maneira, o crescimento das plantas (LIN et al., 2013). No ambiente relativo ao sombreamento por malha vermelha é encontrada maior relação vermelho/vermelho-distante em relação à malha azul, devido às características de transmissividade e absorção dos comprimentos de onda da luz incidente das malhas coloridas.

Tabela 20. Médias do índice Falker da clorofila total em diferentes avaliações, nos tratamentos de malhas coloridas de sombreamento e fertirrigação.

Clorofila - Unidade Falker									
	31 DAT			59 DAT			99 DAT		
	<i>a</i>	<i>b</i>	total	<i>a</i>	<i>b</i>	total	<i>a</i>	<i>b</i>	total
Malha									
Vermelha	40,86 b	17,14 a	59,35 a	41,36 b	18,45 a	59,28 b	35,72 a	16,91 b	52,55 b
Azul	42,66 a	18,87 a	62,83 a	42,89 a	19,63 a	62,74 a	36,18 a	18,71 a	54,64 ab
Preta	42,02 ab	18,41 a	61,96 a	43,14 a	20,14 a	64,39 a	37,52 a	19,46 a	58,08 a
Fertirrigação									
25%	40,85 a	16,63 a	58,12 a	41,66 a	18,68 a	60,54 a	34,99 a	18,83 a	53,45 a
50%	41,75 a	17,64 a	61,26 a	41,61 a	18,60 a	60,21 a	36,92 a	18,76 a	57,21 a
75%	42,27 a	18,71 a	61,37 a	42,99 a	20,10 a	62,38 a	36,67 a	17,99 a	54,82 a
100%	41,67 a	18,08 a	61,50 a	42,81 a	19,18 a	63,19 a	37,48 a	18,72 a	56,44 a
125%	42,69 a	19,65 a	64,66 a	43,28 a	20,41 a	63,44 a	36,30 a	17,51 a	53,53 a

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

A clorofila *a* absorve a luz nos comprimentos de onda entre 430 e 660 nm, enquanto a clorofila *b* absorve com pico próximo a 460 nm e, em um menor pico em 630 nm (TAIZ;

ZEIGER, 2013). A maior parte dos pigmentos funcionam como pigmentos acessórios, sendo a clorofila *a* a responsável pela realização da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Saebo et al. (1995), as plantas com menores quantidades de clorofila utilizam de maneira mais eficiente o pigmento do que as plantas que os possuem em excesso. De acordo com os autores, o maior teor de clorofila e a maior fotossíntese em plantas *in vitro* que recebem luz azul pode ser reflexo de uma organização de tecidos e organelas em comparação às que recebem luz vermelha. As gérberas cultivadas sob a malha vermelha recebem a luz com maior concentração nos comprimentos de onda do vermelho e vermelho distante, região esta de absorção da luz pela clorofila *a*, o que permite maior eficiência das plantas nesta malha, justificando o menor índice de clorofila total encontrado, uma vez que não foi verificado redução de produtividade nesta malha.

6.7. Antocianina

Na análise do teor de antocianina presente nas pétalas das gérberas, considerando o efeito das malhas de sombreamento, foram observadas médias muito próximas entre as malhas vermelha, azul e preta (Figura 18). Foi verificada maior concentração média do pigmento na malha azul, com valor de 411,00 mg/100 g amostra, seguida pelas malhas preta e vermelha, com médias de 405,21 e 402,35 mg/100 g amostra, respectivamente. O efeito das concentrações das soluções nutritivas nas malhas mostrou-se indefinido e, portanto, foi desconsiderado no presente trabalho.

A síntese de flavonóides é controlada pela luz, que atua sobre um sistema complexo, envolvendo a participação de diversos fotorreceptores (AWAD et al., 2001; TOBIN; SILVERTHORNE, 1985 ; ARAKAWA, 1988). Em um estudo realizado por Awad et al. (2001), os autores verificaram a síntese de antocianina em maçãs posicionadas em diferentes partes do dossel da macieira, considerando locais com maior e menor incidência de iluminação. Os autores verificaram que o sobreamento causado pelas folhas da parte superior do dossel implicaram em diminuição dos dois tipos de flavonóides estudados. Entretanto, quando a relação entre o vermelho-distante e o vermelho da luz incidente era próxima de um, foram encontrados as maiores concentrações dos flavonóides.

Figura 18. Médias da quantidade de antocianina presente nas flores liguadas das gérberas, cultivadas sob o sombreamento das malhas vermelha, azul e preta, sem considerar a aplicação de diferentes concentrações de soluções nutritivas de fertirrigação.

Na malha azul, as médias da radiação solar global e da PAR foram menores em 14,43% e 9,32%, respectivamente, em relação à malha vermelha, e 19,96% e 12,59%, respectivamente, em relação à malha preta (Tabela 6). Em contraste com os resultados obtidos por Awad et al. (2001), que consistiram em uma correlação positiva entre o aumento da radiação incidente e a síntese de antocianina em maçãs, o maior sombreamento e a qualidade da luz proporcionados pela malha azul podem ter estimulado maior síntese de antocianina nas flores cultivadas sob a malha azul. Johkan et al. (2010) avaliaram o efeito de três tipos de luzes LED: azul, vermelha e vermelha + azul, sobre a alface. Os autores observaram que a luz azul induziu o aumento de compostos fenólicos, dentre eles a antocinina. O acúmulo de antocianinas em *lisianthus*, cultivar Echo Blue BL, mantido em ambiente protegido sob malhas de sombreamento de coloração azul e vermelha e sob o controle (cobertura de plástico transparente, sem malha de sombreamento), foi estudado por Almeida (2017). Diferente do presente trabalho, a autora verificou menor teor de antocianina nas flores cultivadas sob a malha vermelha e maior teor nas flores sob as malhas azul e controle, sendo que entre estas duas últimas não houve diferença significativa. Segundo a autora, o aumento do teor de antocianina para essa cultivar de *lisianthus* ocorreu devido ao aumento da concentração dos pigmentos de clorofila *a*, *b* e total e da concentração de carotenóides na malha azul.

O maior teor de antocianinas observados nas gérberas cultivadas sob a malha azul demonstra coloração vermelha mais intensa das inflorescências sob esta malha, o que pode ser mais atrativo para os consumidores e implicar no aumento de vendas do produto.

7. CONCLUSÕES

- a) A combinação da solução com a concentração de 25% dos nutrientes propostos por Hoagland e Arnon (1950) e o sombreamento pela malha azul, proporcionou maior massa fresca e seca de capítulos florais, hastes e total das gérberas e, ainda, maior massa seca das folhas;
- b) Considerando as características físicas para a comercialização das gérberas, as malhas coloridas e a concentração dos nutrientes das soluções nutritivas de fertirrigação não influenciaram o número de capítulos e de folhas e a classificação segundo os padrões propostos pelo Ibraflor e cooperativa Veiling de Holambra. Entretanto, foi observada uma relação negativa entre o aumento da concentração dos nutrientes nas soluções de fertirrigação e a altura das hastes, de modo que o aumento da concentração das soluções nutritivas implicou em hastes menores;
- c) O sombreamento com diferentes malhas coloridas e a fertirrigação com soluções nutritivas com diferentes concentrações de nutrientes não causaram efeitos significativos sobre o diâmetro do capítulo floral. Entretanto, a solução mais concentrada de fertirrigação (125%), acarretou em menor diâmetro das hastes das gérberas em relação às demais;
- d) O índice de estresse hídrico (CWSI) das gérberas foi maior, nas três malhas coloridas, no período compreendido entre às 12:00 e 15:00 horas. A malha vermelha apresentou, aos 58 DAT, CWSI mais próximo de 1 em relação às malhas azul e preta, o que indicou plantas mais estressadas sob esta malha nesta análise;
- e) O índice de clorofila *a* e *b* (índice Falker) foi menor aos 31 e 59 DAT e aos 99 DAT, respectivamente, nas folhas das gérberas cultivadas sob a malha vermelha. Aos 59 e 99 DAT também foi observado menor índice de clorofila total (índice Falker) nas plantas na malha vermelha, o que pode indicar maior eficiência das plantas sob esta malha, uma vez que não houve redução da produtividade das gérberas neste ambiente;
- f) Os teores de antocianina apresentaram resposta indefinidas ao tratamento de fertirrigação. Em relação ao tratamento de sombreamento por malhas coloridas, os teores de antocianina foram muito semelhantes nos capítulos florais das gérberas cultivadas sob as malhas vermelha, azul e preta. Entretanto, na malha azul foi observada uma média (411,00 mg/100 g amostra) ligeiramente maior em relação às

médias das malhas preta e vermelha (405,21 e 402,35 mg/100 g amostra, respectivamente).

REFERÊNCIAS

- ABDEL-GHANY, A. M.; AL-HELAL, I. M. Characterization of solar radiation transmission through plastic shading nets. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 94, n. 8, p. 1371-1378, 2010.
- AHEMD, H. A.; AL-FARAJ, A. A.; ABDEL-GHANY, A. M. Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 36–45, 2016.
- AL-HELAL, I.M., ABDEL-GHANY, A.M.. Measuring and evaluating solar radiative properties of plastic shading nets. **Solar Energy Materials and Solar Cells** v. 95, p. 677–683, 2011.
- ALMEIDA, J. M. D. *Avaliação de três variedades de lisianthus em ambiente protegido com telas de sombreamento de diferentes espectros de cor*. 2017. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- ALMEIDA, J. M., CALABONI, C., RODRIGUES P.H.V. Lisianthus cultivation using differentiated light transmission nets. **Ornamental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 143-146, 2016.
- ARAKAWA, O. Photoregulation of anthocyanin synthesis in apple fruit under UV-B and red light. **Plant and cell physiology**, v. 29, n. 8, p. 1385-1389, 1988.
- AWAD, M. A.; WAGENMAKERS, P. S.; JAGER, A. D. Effects of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of ‘Jonagold’ apples. **Scientia Horticulturae**, v.88, p.289-298, 2001.
- BATSCHAUER, A. Photoreceptors of higher plants. **Planta**, v. 206, n. 4, p. 479-492, 1998.
- BERNERT, M. R., ESCHEMBACK, V., JADOSKI, S. O., LIMA, S., POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, 2015.
- BERNI, J.A.J.; ZARCO-TEJADA, P.J.; SEPULCRE-CANTO, G.; FERERES, E.; VILLALOBOS, F. Mapping canopy conductance and CWSI in olive orchards using high resolution thermal remote sensing imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 11, p. 2380-2388, 2009.

- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C. G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 829-834, 2002.
- BILIBIO, C., CARVALHO, J. D. A., MARTINS, M., REZENDE, F. C., FREITAS, E. A., GOMES, L. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 07, p. 730-735, 2010
- BOAS, R. C. V.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.
- BOUERI, M. A.; LUNARDI, D.M.C. Avaliação de elementos agrometeorológicos no cultivo do cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.) em ambiente protegido e a campo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.21, n.3, p.45-54, 2006.
- BRANT, R. DA S.; PINTO, J.E.B.P.; ROSA, L. F.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FERRI, P.H.; CORRÊA, R.M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, v.39, p.1401-1407, 2009.
- CALABONI, C. *Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no desenvolvimento de duas espécies de helicônias em vaso*. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado na área de concentração em Fisiologia e Bioquímica das plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CANDOGAN, B. N.; SINCIK, M.; BUYUKCANGAZ, H.; DEMIRTAS, C.; GOKSOY, A. T.; YAZGAN, S. Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in sub-humid climatic conditions. **Agricultural water management**, v. 118, p. 113-121, 2013.
- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. D.; SEVERIANO, E. D. C.; ZEVIANI, W. M. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 77-86, 2011.
- CARMASSI G., BACCI L., BRONZINI M., INCROCCI L., MAGGINI R., BELLOCCHI G., MASSA D., PARDOSSI A. Modelling transpiration of greenhouse gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus) grown in substrate with saline water in a Mediterranean climate. **Scientia Horticulturae**. v. 156, n. 7, p. 9-18, 2013.

- CASSANITI, C.; ROMANO, D.; HOP, M. E. C. M.; FLOWERS, T. J. Growing floricultural crops with brackish water. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 165-175, 2013.
- CASTELLARIN S. D, PFEIFFER A., SIVILOTTI P., DEGAN M., PETERLUNGER E., DI GASPERO G. Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, n. 11, p. 1381-1399, 2007.
- CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; MCCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. **Horticulture Information Leaflet**, v. 590, p. 1-17, 2000.
- CHEN, C., SHEN, T.; WENG, Y. Simple model to study the effect of temperature on the greenhouse with shading nets. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 25, p. 5001-5014, 2011.
- CHRISTIE, P. J., ALFENITO, M. R., WALBOT, V. Impact of low-temperature stress on general phenylpropanoid and anthocyanin pathways: enhancement of transcript abundance and anthocyanin pigmentation in maize seedlings. **Planta**, v. 194, n. 4, p. 541-549, 1994.
- ÇOLAK, Y. B.; YAZAR, A.; ÇOLAK, İ.; AKÇA, H.; DURAKTEKIN, G. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 372-382, 2015.
- COSTA, L. C. D. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M. D.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ROSAL, L. F. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 349-359, 2010.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A. D., PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.
- DEJONGE, K. C.; TAGHVAEIAN, S.; TROUT, T. J.; COMAS, L. H. Comparison of canopy temperature-based water stress indices for maize. **Agricultural water management**, v. 156, p. 51-62, 2015.
- DELGARDO-VARGAS F., JIMÉNEZ A. R., PAREDES-LÓPEZ O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins and betalains. Characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, n. 3 p. 173-289, 2000.

- DEY, A. K.; SHARMA, M.; MESHRAM, M. R. An Analysis of Leaf Chlorophyll Measurement Method Using Chlorophyll Meter and Image Processing Technique. **Procedia Computer Science**, v. 85, p. 286-292, 2016.
- DUECK, T.; IEPEREN W. V.; TAULAVUORI K. Light perception, signalling and plant responses to spectral quality and photoperiod in natural and horticultural environments. **Environmental and Experimental Botany**, v. 121, p. 1-3, 2016.
- ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, p.83-89, 2007.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; GARCÍA-NOVELO, J.M.; MOLINA-SORIA, C.; PARRA, M. A. An approach to nitrogen balance in olive orchards. **Science Horticulture**, v. 135, p.219–226, 2012.
- FOLEGATTI, M. V.; CASRINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R.; RESENDE, R. S. Fertirrigação: aplicações na horticultura. FOLEGATTI MV; CASRINI E; BLANCO FF; BRASIL RPC; RESENDE RS. Fertirrigação Flores, Frutas e Hortaliças. v. 2, Editora Agropecuária, Guaíba-RS, 2001.
- FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. D., REZENDE, R.; FARIA, M. D. Microirrigação: gotejamento e microaspersão. v. 1, Maringá: Eduem, 2012.
- GAVILÁN, P.; RUIZ, N.; LOZANO, D. Daily forecasting of reference and strawberry crop evapotranspiration in greenhouses in a Mediterranean climate based on solar radiation estimates. **Agricultural Water Management**, v. 159, p. 307-317, 2015.
- GERSTENBERGER, K.; SIGMUND, I. European horticultural statistics-Non-Edible products. **Hannover-Germany: Association Internationale des producteurs de L'Horticulture, Institut für Gartenbauökonomie University**, p. 173, 1980.
- GOMES, A.R.M.; D'ÁVILA, J.N.T.; GORDIM, R.S.; BEZERRA, F.C.; BEZERRA, F.M.L. Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist) cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.13-18, 2006.
- GONZALEZ-DUGO, V.; ZARCO-TEJADA, P. J.; FERERES, E. Applicability and limitations of using the crop water stress index as an indicator of water deficits in citrus orchards. **Agricultural and forest meteorology**, v. 198, p. 94-104, 2014.
- GRIEVE, C. M.; POSS, J. A. Response of ornamental sunflower cultivars 'Sunbeam' and 'Moonbright' to irrigation with saline wastewaters. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, v. 11, p. 1579-1592, 2010.

- GUERRERO, A. C., FERNANDES, D. M., LUDWIG, F., OLIVEIRA L. D. Produção e qualidade em gérbera de vaso cultivada com cloreto e silicato de potássio. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 903-909, 2013.
- GUISELINI, C. *Microclima e produção de gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura*. 2002. 52 f. Tese (Mestrado na área de concentração Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- GUISELINI, C., SENTELHAS, P. C., PANDORFI, H., HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos : Radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 81, p. 645–652, 2010
- GUPTA, S.C.; LARSON, W. E. Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. **Water resources research**, v. 15, n. 6, p. 1633-1635, 1979.
- HARBORNE, J. B.; GRAYER, R.J. The anthocyanins. In: **The flavonoids**. Springer US. p. 1-20, 1988
- HASHEM, F. A.; MEDANY, M. A.; EL-MONIEM, E. A.; ABDALLAH, M. M. F. Influence of green-house cover on potential evapotranspiration and cucumber water requirements. *Annals of Agricultural Sciences*, v.56, n. 1, p. 49-55, 2011.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, p. 347, 1950.
- HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 858-863, 2012.
- IBRAFLOR - Instituto Brasileiro de Floricultura. **Maapeamento e quantificação da cadeia de flores e plantas ornamentais do Brasil**. – São Paulo: OCESP, 2015. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=248>>. Acesso em: 07 jan. 2017.
- IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; PINTER JR. P. J.; REGINATO, R. J.; HATFIELD, J. L. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, v. 24, p.45 – 55, 1981.
- ILIĆ, Z. S.; FALLIK, E. Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: A review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 139, p. 79-90, 2017.
- INFOAGRO. **El cultivo de la gerbera**. Disponível em: <<http://www.infoagro.com/flores/flores/gerbera.htm>>. Acesso em 08 nov. 2016.

- JAAKOLA, L. New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. **Trends in plant science**, v. 18, n. 9, p. 477-483, 2013.
- JACKSON, John E. Light interception and utilization by orchard systems. **Horticultural Reviews**, v. 2, p. 208-267, 1980.
- JACKSON, R.; IDSO, S.; REGINATO, R.; PINTER, P.J. Canopy temperature as a cropwater stress indicator. **Water resources research**, v. 17, p. 1133-1138, 1981.
- JACKSON, R.; REGINATO, R.; IDSO, S.B. Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. **Water resources research**, v. 13, n. 3, p. 651-656, 1977.
- JOHKAN, M.; SHOJI, K.; GOTO, F.; HASHIDA, S. N.; YOSHIHARA, T. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. **HortScience**, v. 45, n. 12, p. 1809-1814, 2010.
- JUNIOR, É. B.; ROSSIELLO, R. O. P.; MORENZ, M. J. F.; RIBEIRO, R. C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-Tifton 85. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, 2010.
- JUNZENG, X.; SHIZHANG, P.; YUFENG, L.; XIYUN, J. Tomato and cowpea crop evapotranspiration in an unheated greenhouse. **Water Science and Engineering**, v. 1, n. 2, p. 112-120, 2008.
- LEE, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of Pigment Analyses in Cranberries. **HortScience, Stanford**, v. 7, p. 83-84, 1972.
- LIMA, J. D., NOMURA, E. S., FUZITANI, E. J., SILVA, S. H. M. G. Variáveis fisiológicas de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Scientia Agraria**, n. 11, v. 3, p. 193-200, 2010.
- LIN, K. H.; HUANG, M. Y.; HUANG, W. D.; HSU, M. H., YANG, Z. W.; YANG, C. M. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 86-91, 2013.
- LOPES, T.; XAVIER, M.; QUADRI, M. G.; QUADRI, M. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 13, p. 291-297, 2007.
- LUDWIG, F. *Cultivares de gerbera (Gerbera jamesonii L.), em vaso, sob dois níveis de fertirrigação*. 2007. 79 f. Tese (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

- LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; MOTA, P. R. D. A.; BOAS, R. L. V.; LASCHI, D. Qualidade pós-produção de cultivares de gérbera de vaso fertirrigadas com soluções nutritivas. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 213- 220, 2008.
- LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; MOTA, P. R.; BOAS, R. L. V. Crescimento e produção de gérbera fertirrigada com solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4. p. 424-429, 2010a.
- LUDWIG, F.; GUERRERO, A. C.; FERNANDES, D. M.; BOAS, R. L. V. Análise de Crescimento de Gérbera de Vaso Conduzida em Diferentes Substratos, **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, 2010b.
- LUDWIG, F.; GUERRERO, A. C.; GONÇALVES, S. O.; FERNANDES, D. M.; BOAS, R. L. V. Lâminas de fertirrigação e substratos na produção e qualidade de gérbera de vaso. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 635, 2013.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.
- MARÇO, P. H. *Estudo da influência da radiação e pH no comportamento cinético de antocianinas de plantas do gênero hibiscus por métodos quimiométricos*. 2009. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química Departamento De Química Analítica 209 f.
- MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 642-650, 2005.
- MARENCO MENDOZA, R.; LOPES, Nei Fernandes. Fisiologia vegetal: fotossíntese respiração relações hídricas nutrição mineral. UFV, 2005.
- MEDEIROS, Pedro Róbinson Fernandes de. **Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do tomate em solo franco-argiloso**. 85 f. Tese (Doutorado na área de Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2010.
- MEIRELLES, A.J.A.; PAIVA, P.D.O.; OLIVEIRA, M.I.; TAVARRES, T.S. Influência de diferentes sombreamentos e nutrição foliar no desenvolvimento de mudas de Palmeiras Ráfia (*Rhapis excelsa* Thunberg) Henry ex. Rehder. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1884-1887, 2007.
- MELO, A. A. M.; ALVARENGA, A. A. D. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don “Pacifica White” por malhas coloridas: Desenvolvimento vegetativo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 514–520, 2009.

- MERCURIO G. **Gerbera cultivation in greenhouse**. The Netherlands: Schreurs. p. 206, 2004.
- MERON, M.; SPRINTSIN, M.; TSIPRIS, J.; ALCHANATIS, V.; COHEN, Y. Foliage temperature extraction from thermal imagery for crop water stress determination. **Precision Agriculture**, v. 15, n. 5, p. 467-477, 2013.
- MOTA, P. R. D. A.; BÔAS, R. L. V.; LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação do pH e da condutividade elétrica do substrato sob níveis de fertirrigação e métodos de extração da solução. **Ornamental Horticulture**, v. 17, n. 2, p. 121-126, 2011.
- MOTA, P. R. D'A. **Aplicação via fertirrigação de soluções com diferentes condutividades elétricas para produção de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) sob ambiente protegido**. 133 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2007.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.
- NASCIMENTO, Â. M. P.; REIS, S. N.; NERY, F. C.; CURVELO, I. C. S.; DA CRUZ TAQUES, T.; ALMEIDA, E. F. A. Influence of color shading nets on ornamental sunflower development. **Ornamental Horticulture**, v. 22, n. 1, p. 101-106, 2016.
- NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. **Journal of hydrology**, v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.
- NETO, M. D. S. A.; GOMÍDE, R. L.; SEDÍYAMA, G. C.; BRITO, R. A. L.; MAGALHÃES, P. C.; JUNIOR, J. C. F. B. (1995). Índice de estresse hídrico da cultura do feijoeiro irrigado. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1996.
- NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; FUZITANI, E. J. Crescimento e produção de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. p. 1394–1400, 2009.
- OLDONI, C.M. **Nutrientes absorvidos e lixiviados em cultivo de gérbera em vaso, com duas soluções de fertirrigação**. 123 f. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.
- OLIVEIRA, J. M., REZENDE, R., FREITAS, P. S. L., MALLER, A., HARA, A. T., SANTOS, F. A. S. Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa* MILLER) conduzida em ambiente protegido. **IRRIGA**, v. 21, n. 3, p. 438-448, 2016.
- OLIVEIRA, M. L. A., DA SILVA PAZ, V. P., GONÇALVES, K. S., & OLIVEIRA, G. X. S. Crescimento e produção de girassol ornamental irrigado com diferentes lâminas e diluições de água residuária. **IRRIGA**, n. 22, v. 2, p. 204-219, 2017.

- OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E.; EUGENE, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER Y.; SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality of Green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 353-361, 2001.
- OUZOUNIS, T., FRETTE, X., ROSENQVIST, E., OTTOSEN, C. O. Spectral effects of supplementary lighting on the secondary metabolites in roses, chrysanthemums, and campanulas. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 16, p. 1491–1499, 2014.
- OVADIA, R.; DORI, I.; NISSIM-LEVI, A.; SHAHAK, Y.; OREN-SHAMIR, M. Coloured shade-nets influence stem length, time to flower, flower number and inflorescence diameter in four ornamental cut-flower crops. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 84, n. 2, p. 161-166, 2009.
- PANDORFI, C. G. *Microclima na produção de gérbera em ambiente protegido com diferentes tipos de cobertura*. 96 p. Tese (Doutorado em Física da Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- PARADISO, R.; DE PASCALE, S.; APREA, F.; BARBIERI, G. Effects of electrical conductivity levels of nutrients solution on growth exchange and yield of two gerbera cultivar in soilless system. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 690, p. 165-171, 2003.
- PARDOSI, A., INCROCCI, L. **Traditional and new approaches to irrigation scheduling in vegetable crops**. HortTechnology v. 21, p. 309–313, 2011.
- PAULINO, J., FOLEGATTI, M. V., ZOLIN, C. A., ROMÁN, R. M. S., JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 163–176, 2011.
- PEREIRA, J. R., CARVALHO, J. D. A., MIGUEL, D. S., SANTANA, M. J. D. Consumo De Água Pela Cultura Do Crisântemo Cultivada Em Ambiente Protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3 p. 651–659, 2005.
- PETRONI, K., TONELLI, C. Recent advances on the regulation of anthocyanin synthesis in reproductive organs. **Plant Science**, v. 181, n. 3, p. 219-229, 2011.
- PIETRINI F., IANNELLI M.A., MASSACCI A. Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 10, p. 1251-1259, 2002.

- PIRES, R. M., FOLEGATTI, M., PASSOS, F., SAKAI, E., SILVA, T. A., ARRUDA, F. Produção do morangueiro em diferentes níveis de água, cobertura do solo e ambiente de cultivo. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 338- 353, 2007.
- PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p.311-315, 2011.
- RAMÍREZ, A. J. F.; COELHO, R. D.; PIZANI, M. A. M.; SILVA, C. J. D. Determinação do índice de estresse hídrico em tomateiros cereja (*Lycopersicum Solanum* var *cerasiforme*) com câmara infravermelha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 218, 2015.
- ROGERS M. N.; TJIA B. O. **Gerbera production for cut flowers and pot plants**. Portland: Timber Press, 1990.
- ROMANINI, C. E., GARCIA, A. P., ALVARADO, L. M., CAPPELLI, N. L., UMEZU, C. K. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p. 1194-1201, 2010.
- SAEBO, A.; KREKLING, T.; APPELGREN, M. Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of birch plantlets in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 41, n. 2, p.177-185, 1995.
- SAEBO, A.; KREKLING, T.; APPELGREN, M. Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of birch plantlets in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 41, n. 2, 177-185, 1995.
- 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.
- SARMA, A. D., SHARMA, R. Anthocyanin-DNA copigmentation complex: mutual protection against oxidative damage. **Phytochemistry**, v. 52, n. 7, p. 1313-1318, 1999.
- SEBRAE, **Flores e Plantas Ornamentais do Brasil**. v. 1, 2015. Disponível em: <www.sebrae.com.br>. Acesso em: 05 jan. 2017.
- SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GAELEVIN, R. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, v.659, p.143-161, 2004.
- SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M.. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 78, p. 5–38, 1999.

- SILVA G. F. D, T.; ZOLNIER, S.; GROSSI, J. A. S.; GERALDO BARBOSA, J.; WEIDE MOURA, C. R.; ALVES MUNIZ, M. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, 2009
- SILVA, P. F., LIMA, C. J. G., BARROS, A. C., SILVA, B. M., DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1173–1180, 2013.
- SINGH, A. K. **Flower crops: Cultivation and Management**. Ed. New India Publishing. p. 436, 2006.
- SONNEVELD C. Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture. Netherlands: Wageningen Universitiet. 149 p., (Tese doutorado), 2000.
- STAMPS, R.H. Use of colored shade netting in horticulture. **HortScience**, v. 44, p. 239-241, 2009.
- STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, p.748-755, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013.
- TESFUHUNEY, W. A., WALKER, S., VAN RENSBURG, L. D., & STEYN, A. S. Micrometeorological measurements and vapour pressure deficit relations under in-field rainwater harvesting. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 94, p.196-206, 2016.
- THOMPSON, R. B., MARTÍNEZ-GAITAN, C., GALLARDO, M., GIMÉNEZ, C., FERNÁNDEZ, M. D. Identification of irrigation and N management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. **Agricultural Water Manage**. v. 89, p. 261–274, 2007.
- TOBIN, E. M.; SILVERTHORNE, J. Light regulation of gene expression in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 36, n. 1, p. 569-593, 1985.
- TRENTIN, R. *Estimativa de um índice de estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar com base na temperatura foliar*. 81 p. Dissertação (Mestrado em Meeorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- TRYPANAGNOSTOPOULOS, G. et al. Greenhouse performance results for roof installed photovoltaics. **Renewable Energy**, v. 111, p. 724–731, 2017.

- VEYSI, S.; NASERI, A. A.; HAMZEH, S.; BARTHOLOMEUS, H. A satellite based crop water stress index for irrigation scheduling in sugarcane fields. **Agricultural Water Management**, n. 189, p. 70-86, 2017.
- VOX, G., TEITEL, M., PARDOSSI, A., MINUTO, A., TINIVELLA, F., SCHETTINI, E. **Sustainable greenhouse systems**. Sustainable agriculture: technology, planning and management. Nova Science Publishers, Inc., New York, NY, USA, p. 1-79, 2010.
- WILLMOTT C. J.; ACKLESON S. G.; DAVIS R. E.; FEDDEMA J. J.; KLINK K. M.; LEGATES D. R.; O'DONNELL L.; ROWE C. M Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.
- ZHENG Y; GRAHAM T; RICHARD S; DIXON M. Potted gerbera production in a subirrigation system using low-concentration nutrient solutions. **HortScience**, v. 39, n. 6, p. 1283-1286, 2004.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Figura 19. Relação entre os dados de radiação global obtidos pelos sensores LI-200R e Eppley PSP, nas malhas azul (A), vermelha (B) e preta (C).

Na análise da relação entre os valores obtidos pelos sensores EppleyPSP e LI-200R foram utilizados os seguintes índices estatísticos: Índice de Concordância de Willmott - d (Willmott et al., 1985), Índice de Confiança - c (Camargo & Sentelhas, 1997) e Índice de Eficiência de Modelagem – EF (Nash & Sutcliffe, 1970), obtidos a partir das equações (4), (5) e (6), respectivamente.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|S_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad \text{Equação (4)}$$

$$c = \sqrt{R^2} \cdot d \quad \text{Equação (5)}$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad \text{Equação (6)}$$

Em que,

n - número de observações, considerando os dados de radiação global com intervalo de 15 minutos

O_i - radiação global obtida com o sensor Epplet PSP, $W m^{-2} d^{-1}$

S_i - radiação global obtida com o sensor LI-200R, $W m^{-2} d^{-1}$

$\bar{O}$ - radiação global média obtida com o sensor Epplet PSP, $W m^{-2} d^{-1}$

O índice “c” é classificado, segundo Camargo & Sentelhas (1997) como de desempenho “ótimo” ($c \geq 0,85$); “muito bom” ($0,76 \leq c \leq 0,84$); “bom” ($0,66 \leq c \leq 0,75$); “mediano” ($0,61 \leq c \leq 0,65$); “sofrível” ($0,51 \leq c \leq 0,60$); “mau” ($0,41 \leq c \leq 0,50$); e “péssimo” ($c \leq 0,40$). Já o Índice de Concordância de Willmott “d” (Willmott et al., 1985), relaciona a aproximação dos dados de radiação obtidos pelos dois sensores, de forma que seus valores variam desde zero, onde não existe concordância, a 1, para a concordância perfeita. E, por fim, o Índice de Eficiência de Modelagem– EF (Nash & Sutcliffe, 1970) relaciona os valores de radiação global medida pelos sensores, considerando o ajuste perfeito quando o EF se aproxima de 1.

Além da boa correlação dos valores obtidos com os sensores de radiação global Eppley PSP e LI-200R que pôde ser verificada visualmente na Figura 18, os resultados obtidos nos índices estatísticos d, c e EF foram muito próximos de 1 (Tabela 20), o que indica que os dados do sensor LI-200R foram consistentes para serem utilizados no presente estudo.

Tabela 21. Índice de Concordância de Willmott - d (Willmott et al., 1985), Índice de Confiança - c (Camargo & Sentelhas, 1997) e Índice de Eficiência de Modelagem – EF (Nash & Sutcliffe, 1970), obtidos a partir da correlação entre os dados dos sensores de radiação global Eppley PSP e LI-200R.

Índices estatísticos			
Malha	d	c	EF
Vermelha	0,99	0,99	0,99
Azul	0,99	0,99	0,96
Preto	0,99	0,99	0,98