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

**Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no
desenvolvimento de duas espécies de helicônias em vaso**

Cristiane Calaboni

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas

**Piracicaba
2014**

Cristiane Calaboni
Bacharel em Ciências Biológicas

**Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no desenvolvimento de
duas espécies de helicônias em vaso**

Orientador:
Prof.Dr. **PAULO HERCÍLIO VIEGAS RODRIGUES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas

Piracicaba
2014

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

Calaboni, Cristiane

Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no desenvolvimento de duas espécies de helicônias em vaso / Cristiane Calaboni. - - Piracicaba, 2014.
66 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Flores tropicais 2. Reflectância 3. Luz Fotossinteticamente Ativa I. Título

CDD 635.93421
C141u

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais e irmãos, Sirlei Delatorre Calaboni e Sérgio Carlos Calaboni, Adriane Calaboni e Rodrigo Calaboni por tornarem mais esta conquista possível.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, por estar presente em todos os momentos iluminando meu caminho.

Aos meus avós Renato Calaboni e Yolanda Szilagyi Calaboni, Valdomiro Dellatorre e Amélia Mariano Dellatorre por todo amor e carinho.

Ao meu amado William Chiarini Deliberali por estar sempre ao meu lado.

Aos meus amigos por todo carinho e bons momentos.

Aos amigos da Esalq, Erica Jusciane Alves, Marcos Victor Mendes, Júlia Martella de Almeida, Flavia Arruda, Pedro Paulo da Silva Barros, Tatiana S. Moraes, Liliane Cristina Liborio Stipp e Renes Rossi Pinheiro pelo companheirismo e bons momentos.

Ao Mestrando Renan Mercuri Pinto pelo grande suporte nas análises estatísticas.

Ao Centro de Microscopia e Imagem (Departamento de Morfologia) da Faculdade de Odontologia de Piracicaba na pessoa do Prof. Pedro D. Novaes pelo uso do MEV.

Ao Laboratório de Histopatologia e Biologia Estrutural de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) na pessoa de Mônica Lanzoni Rossi pelas imagens de microscopia eletrônica de varredura.

Ao Prof. Dr. Marcílio de Almeida e Dra. Cristina de Almeida pelos ensinamentos e compreensão.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Alves Mourão Filho pelo suporte, permitindo que utilizássemos as instalações e equipamentos do Laboratório de Biotecnologia de Plantas Hortícolas.

Ao Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio do Departamento de Biossistemas pela utilização dos equipamentos para análise de espectral de folhas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Hercílio, pelos ensinamentos e compreensão.

A todos os professores, colegas e funcionários do Programa de Pós-graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas da ESALQ/USP.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

**"Pois que se uniu a mim, eu o livrarei;
e o protegerei, pois conhece o meu nome.
Quando me invocar, eu o atenderei;
na atribulação estarei com ele.
Hei de livrá-lo e o cobrirei de glória.
Será favorecido de longos dias,
e mostrar-lhei-ei a minha salvação."**

Salmo 90:14-16

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Família Heliconiaceae	17
2.2 Mercado Potencial de Flores em Vaso no Brasil	18
2.3 Malhas Coloridas em Cultivo Protegido.....	19
2.4 Análise Espectral de Folhas	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Casa de Vegetação	28
3.1.1 Temperatura.....	30
3.1.2 Irrigação	30
3.2 Características Agronômicas.....	30
3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura.....	32
3.4 Análise Espectral de Folhas	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Temperatura.....	35
4.2 Irrigação	36
4.3 Características Agronômicas.....	40
4.4 Microscopia Eletrônica de Varredura.....	46
4.5 Análise Espectral de Folhas	48
4.6 Discussão Geral	53
5 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	63

RESUMO

Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no desenvolvimento de duas espécies de helicônias em vaso

Um novo conceito agro tecnológico em cultivo protegido foi a utilização de malhas coloridas, que permitem combinar a proteção física com a seleção de determinadas faixas do espectro da radiação solar para promover respostas fisiológicas desejadas reguladas pela luz. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de malhas coloridas, azul, vermelha e preta (controle), no desenvolvimento de duas espécies de helicônias cultivadas em vaso: *Heliconia* H-01 e *Helicônia ortotricha* Eclipse Total. Foram analisadas, para ambas as espécies, características agrônômicas como altura e número de folhas finais da planta, quantidade de brotos; quantidade de estômatos por milímetro quadrado e análise espectral de folhas. A *Helicônia* H-01 não apresentou diferença significativa em relação ao número de folhas finais nos três tratamentos, porém as plantas cultivadas sob telado azul e vermelho apresentaram maiores alturas em relação ao controle. O telado azul apresentou maior número de brotos totais, mas não diferiu estatisticamente do controle no número de brotos lançados durante o tempo, sendo que o telado vermelho apresentou plantas com menor número de brotos. A maior quantidade de estômatos por mm² foi encontrada nas plantas do telado vermelho, onde azul e controle não diferiram entre si. A análise de reflectância mostrou diferenças significativas na região visível, faixa de absorção da luz incidente pelos pigmentos fotossintetizantes. A *H. ortotricha* não apresentou diferença significativa em relação ao número final de folhas, mas no telado azul apresentou a maior altura, seguido do vermelho e depois do controle. Não houve diferença significativa na quantidade de brotos lançado ao longo do tempo, mas o telado vermelho apresentou maior quantidade de brotos finais. Os tratamentos não apresentaram diferença significativa na quantidade de estômatos por mm². Houve diferença significativa na curva espectral das folhas, principalmente na região do visível.

Palavras-chave: Flores tropicais; Reflectância; Luz Fotossinteticamente Ativa

ABSTRACT

Use of colored shade nets in greenhouse in the development of two species of potted heliconias

A new agro technology concept in greenhouse was the use of colored shade nets, which allow to combine the physical protection with the selection of spectral wavelengths of solar radiation to promote physiological responses regulated by light. This study aimed to evaluate the influence of colored shade nets, blue, red and black, in the development of two species of heliconias grown in pots: *Heliconia* H-01 and *Heliconia ortotricha* Total Eclipse. The agronomic characteristics were studied for both species as plants height and number of leaves at the end of the experiment; number of shoots; number of stomata per square millimeter and spectral reflectance of leaves. There were no differences on the number of leaves between the treatments, but blue and red nets exhibited higher plants. Plants of blue net showed a greater number of shoots, and there were not statistically different from black net in the number of shoots during the study, and the red net plants showed fewer shoots than the other colored shade nets. The greater number of stomata per square millimeter was found in plants grown in red net, and blue and black nets did not showed significant differences. The spectral reflectance of *H. H01* leaves showed significant differences in the absorption of visible wavelengths by the photosynthetic pigments. *H. ortotricha* showed no significant difference on the number of leaves, but the plants of the blue net were highest and black net the lowest. There was no significant difference on the number of new shoots during the study, but the red net exhibited a greater number of shoots in the end of the study. All the treatments showed no significant difference in the number of stomata per square millimeter. There were significant differences in the spectral reflectance of leaves, mainly in the visible wavelengths.

Keywords: Tropical Flowers; Reflectance; Photossintetic Active Radiation

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a diversidade de climas e solos permite a produção de inúmeras espécies de flores e plantas ornamentais nativas, de clima temperado ou tropical com potencial para competir no mercado internacional. Diversos países com condições semelhantes ao Brasil abriram espaço no comércio internacional da floricultura como Índia, Uganda, Costa Rica, Austrália, Colômbia e Equador (KIYUNA et al., 2004). Durante os últimos anos a floricultura brasileira se desenvolveu e caracteriza-se como um dos mais promissores segmentos da horticultura nacional, gerando inúmeras oportunidades de negócio e inclusão de novos polos regionais de produção de flores e plantas ornamentais (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008).

Um novo conceito agro tecnológico em cultivo protegido foi a introdução de malhas coloridas, que permitem combinar a proteção física com a filtragem da radiação solar para promover respostas fisiológicas desejadas reguladas pela luz (SHAHAK et al., 2004). Estudos de plantas ornamentais, tradicionalmente cultivadas em sombrite® (shade-nets house), revelaram respostas específicas para as malhas vermelha, amarela, azul, cinza e pérola, em relação às malhas pretas comuns com o mesmo fator de sombreamento. Entre os resultados estão o maior vigor, redução de tamanho, maior brotação, folhas variegadas e estímulo ao florescimento (SHAHAK et al., 2008).

As malhas coloridas aumentam a proporção relativa de luz difusa assim como a absorção de várias bandas espectrais afetando sua qualidade. Esses efeitos podem afetar as culturas assim como os organismos associados a elas (STAMPS, 2009). As plantas superiores possuem a capacidade de detectar a qualidade, quantidade e direção da luz, utilizando-a como um sinal externo para otimizar seu desenvolvimento (BATSCHAUER, 1999). Alguns estudos sobre características espectrais mostraram que a radiação vermelha e azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas (BRAGA et al., 2009).

Diante do que foi exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do uso de malhas de diferentes cores (ChromatiNET®) em duas espécies de *Heliconia* nas características agrônômicas como altura da planta, número de brotos lançados, número de folhas finais, consumo de água; e microscopia eletrônica de varredura com contagem de estômatos e caracterização espectral.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Família Heliconiaceae

A família Heliconiaceae possui distribuição predominantemente neotropical, incluindo um único gênero com cerca de 150 espécies e entre elas aproximadamente 30 ocorrem no Brasil (SOUZA; LORENZI, 2005). O gênero *Heliconia* é formado por plantas herbáceas rizomatosas de porte ereto que varia de 50 cm a 10 m de altura, dependendo da espécie, e com folhas de diversos tamanhos (CASTRO, 1995). Segundo Souza e Lorenzi (2005), no Brasil as espécies de helicônias são frequentemente encontradas no interior de florestas, principalmente na Amazônia e com poucas espécies oriundas de áreas abertas e alagadas.

A inflorescência emerge do ponto terminal de crescimento, possui rápido desenvolvimento e consiste de um pedúnculo alongado ao qual se inserem as brácteas espatiformes de diversos tamanho, textura e cor (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005), pode se apresentar de forma ereta ou pendular, com as brácteas distribuídas no eixo em um mesmo plano ou planos diferentes (DANIELS; STILES, 1979). As brácteas que envolvem e protegem as flores apresentam colorido intenso e exuberante, muitas vezes com cores contrastantes que ajudam a favorecer a aceitação pelo mercado consumidor (MOSCA et al., 2004). As Heliconiaceae apresentam potencial ornamental ainda pouco explorado, com relativamente poucas espécies utilizadas para essa função (SOUZA; LORENZI, 2005).

As helicônias estão divididas em quatro grupos principais de acordo com o tipo de inflorescência: inflorescências leves e eretas, em um único plano (Grupo 1A); inflorescências pesadas e eretas, em um único plano (Grupo 1B); inflorescências eretas e em mais de um plano (Grupo 2); inflorescências pendentes e em um único plano (Grupo 3) e inflorescências pendentes e em mais de um plano (Grupo 4) (MOSCA et al., 2004). Estas podem ser classificadas de acordo com seu hábito vegetativo, conforme o tipo de arranjo das folhas, nas seguintes classes: musóides, canóides ou zingiberóides (BERRY; KRESS, 1991).

A *Heliconia ortotricha* L. Anderss. cv. Eclipse Total produz flores de tamanho médio, com longo período de florescimento e cores contrastantes, possui hábito musóide (CRILEY; USHIDA; FU, 2003), as brácteas apresentam coloração vermelho

escuro a preto (BARROS; GÓMES, 1998). A planta atinge de 2,5 a 4 metros de altura e são utilizadas como planta de corte e para paisagismo (BARROS; GÓMES, 1998).

As heliconias pendulares apresentam também grande potencial para flores de corte e paisagismo. Atingem de 1,0 a 6,0 metros de altura com brácteas de cores contrastantes entre o vermelho e o amarelo, como em *Heliconia. rostrata* e em tons de rosa e violeta como na *Heliconia. chartacea* Sexy Pink. Suas brácteas apresentam-se em um ou mais planos, o que não impede que agentes polinizadores visitem suas inflorescências e ocorra a fecundação com a produção de frutos, que quando maduros apresentam a coloração arroxeada e sementes muito rígidas.

O cultivo deste gênero tem mostrado crescimento expressivo nos últimos anos, apresentando um promissor mercado para o produtor nacional de flores e plantas ornamentais, com algumas espécies cultivadas de forma intensiva para atender o mercado de flores de corte ou plantas para jardins (CASTRO; MAY; GONÇALVES, 2007).

2.2 Mercado Potencial de Flores em Vaso no Brasil

O Brasil possui cerca de 8 mil produtores de flores e plantas ornamentais distribuídos em cerca de 13,8 mil hectares, com propriedades de tamanho médio de 2,5 hectares empregando diretamente 8 pessoas por hectare, onde 81,7% são de mão de obra contratada e 18,7% de mão de obra familiar. São 206 mil empregos diretos dos quais 49,5% são relativos à produção, 3,1% à distribuição, 39,7% ao varejo e 7,7% relacionados a outras funções (IBRAFLOR, 2013). São mais de 350 espécies produzidas, com mais de 3 mil variedades que são distribuídas em mais de 60 Centrais de atacado, 650 empresas atacadistas e 22 mil pontos de venda no varejo, além de contar com mais de 30 feiras e exposições. O crescimento do setor em faturamento previsto para 2013 foi de 5,2 bilhões em comparação a 4,8 bi em 2012 e 4,3 bi para 2011, para 2014 estima-se um crescimento de 8 a 10%. Desde 2006 o seguimento de flores têm registrado altas de 8% a 15% em volume e de 15 a 17% em valor (IBRAFLOR, 2013).

A distribuição da área cultivada com flores e plantas no Brasil é de 50,4% para mudas; 13,2% para flores envasadas; 28,8% para flores de corte; 3,1 % para folhagens em vaso; 2,6% para folhagens de corte e 1,9% para outros produtos da floricultura (JUNQUEIRA; PEETZ, 2013). De acordo com os autores o consumo

médio per capita brasileiro de flores e plantas ornamentais é de R\$ 25,00, onde as plantas ornamentais direcionadas para paisagismo e jardinagem são responsáveis por 48,6% desse valor. Em seguida estão as flores de corte com 29,9%, flores e plantas envasadas com 20% e folhagens de corte com 1,5%. Estes índices são considerados baixos em relação ao consumo per capita dos países com mercados mais desenvolvidos (JUNQUEIRA; PEETZ, 2013).

Muitas espécies e variedades de helicônias brasileiras podem ser cultivadas em vaso (KRESS, 1990). O grande interesse por novas flores de vaso levou ao desenvolvimento de heliconias envasadas (CRILEY, 1990). Segundo Ball (1988) é possível produzir heliconias em vaso e os mais promissores são os potes 17 e 19. Apesar de não existirem ensaios científicos, produtores do estado Americano da Flórida, USA, avaliaram condições de cultivo como temperatura, tipo de substrato, incidência luminosa, adubação, espaçamento, pragas e até o uso de paclobutrazol para redução de porte. As heliconias utilizadas foram *H. psittacorum*, *H. angusta*, *H. Andromeda*, *H. choconiana* e *H. Golden torch*. Os resultados foram promissores, mas o autor relata a dificuldade em se colocar um novo produto no mercado. As helicônias envasadas concorreriam com outras tropicais como bromélias, orquídeas e algumas folhagens, todas com alto valor agregado. O mercado de envasadas é o que mais cresce no Brasil e com mercado garantido também no exterior, dada a facilidade de transporte, sua durabilidade e a satisfação do cliente por esse produto. Ainda segundo Ball (1988), esse tipo de produto seria considerado como uma “novidade” na floricultura. O autor relata que essa novidade teria que ser introduzida no mercado, educando o consumidor para como utilizar esse novo produto. Apesar de existir relatos técnicos de produtores, até o momento, não foram descritos trabalhos científicos relacionados ao desenvolvimento de técnicas para obtenção de heliconias em vaso.

2.3 Malhas Coloridas em Cultivo Protegido

Um novo conceito agro tecnológico em cultivo protegido foi a introdução de malhas coloridas, que permitem combinar a proteção física com a filtragem da radiação solar para promover respostas fisiológicas desejadas reguladas pela luz (SHAHAK et al., 2004). As malhas coloridas aumentam a proporção relativa de luz difusa assim como a absorção de várias bandas espectrais afetando sua qualidade.

Esses efeitos podem afetar as culturas assim como os organismos associados a elas (STAMPS, 2009).

A utilização de coberturas protetoras tem crescido em muitas regiões do país, como as malhas de sombreamento que além de proteção física reduzem a temperatura e atenuam a radiação solar, possibilitando o cultivo de espécies olerícolas e ornamentais em regiões e épocas com grande disponibilidade energética. A atenuação da radiação pelas malhas é importante já que afeta os componentes do balanço energético, assim como fluxos de calor sensível e latente, além da condição hídrica das plantas e do processo fotossintético (PEZZOPANE et al., 2004). Parra e Maciel (2005) utilizaram luz artificial para inibir floração em *Heliconia stricta* 'Dwarf Jamaican', espécie considerada de dias curtos.

Stamps e Chandler (2006) descreveram os efeitos de quatro cores de malhas (preta, cinza, azul e vermelha), com 70% de índice de sombreamento, no cultivo de *Aspidistra elatior* 'Variegata', *Philodendron* híbrido 'Xanadu' e *Pittosporum tobira* 'Variegata'. A *Aspidistra* atingiu maior altura na malha cinza, quando comparado com as demais malhas. As plantas de *Philodendron* apresentaram menor porte sob as malhas vermelha e preta em relação às malhas azul e cinza, e as folhas desenvolveram coloração verde clara quando cultivadas em malha vermelha. Em *Pittosporum* houve aumento no comprimento do entrenó nas plantas cultivadas em malha vermelha, e consequentemente apresentaram maior altura em relação às outras plantas cultivadas nas demais malhas. As plantas de *Pittosporum*, cultivadas sob malha vermelha, apresentaram menor conteúdo de clorofila. De acordo com o autor, a coloração mais escura e o maior conteúdo de clorofila nas plantas das demais malhas em relação ao vermelho, ocorreu devido ao maior sombreamento que limitou a luz fotossinteticamente ativa (PAR).

Cultivares de orquídeas *Phalaenopsis* produzidas sob malha azul apresentaram maior vigor vegetativo enquanto que as plantas cultivadas sob tela vermelha apresentaram precocidade na floração devido à indução de gemas florais. As malhas azul e vermelha, com 30% de índice de sombreamento, são vantajosas em relação ao sombrite convencional (black shade net), permitindo a utilização da malha azul para os estágios de desenvolvimento vegetativo e da malha vermelha para indução floral (ITO et al., 2006).

Martins et al. (2008) avaliaram o crescimento o teor de óleo essencial de *Ocimum gratissimum* L., popularmente conhecida como alfavaca, em malhas preta,

azul, vermelha e em pleno sol. As plantas cultivadas sob as malhas coloridas apresentaram maiores áreas foliares em comparação àquelas mantidas em pleno sol. Os teores de óleo essencial foram significativamente alterados nas plantas cultivadas sob malhas coloridas, as plantas cultivadas sob malha azul apresentaram um aumento de 142% no teor de óleo essencial em relação às plantas que permaneceram em pleno. Dessa forma, os autores concluíram que o sombreamento com a malha azul causou alterações no metabolismo secundário em *O. gratissimum* L. O cultivo da alfavaca *Ocimum gratissimum* L. sob malha vermelha apresentou menor densidade estomática na face adaxial. O mesmo ocorreu para os tricomas tectores e glandulares. (MARTINS et al., 2008).

Plantas de orquídea *Laelia purpurata* var. *cárnea* cultivadas sob malha azul apresentaram aumento das células da epiderme na face adaxial e do mesofilo quando comparadas com as plantas que se desenvolveram sob as malhas vermelha e preta, além disso a malha azul possibilitou um desenvolvimento mais uniforme do velame (SILVA JUNIOR et al., 2012). Diversos estudos mostraram grandes avanços nesta área, porém maiores pesquisas são necessárias para compreensão dos mecanismos fisiológicos responsáveis pelas respostas das plantas, assim como para implementação em uma gama mais vasta de culturas e condições ambientais (SHAHAK, 2006).

A luz é um fator importante do ambiente e a fonte primária de energia para as plantas, além do processo da fotossíntese é responsável pelo controle do desenvolvimento do vegetal (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005). A luz é percebida por fotorreceptores, que detectam diversas bandas do espectro de luz solar (BATSCHAUER, 1999). O sistema fotossensorial desenvolvido pelas plantas para detecção de luz possui três classes conhecidas de fotorreceptores, os fitocromos, criptocromos e fototropinas. A percepção da luz pelos fotorreceptores resulta na expressão de genes que permitem a planta responder fisiologicamente a mudanças na iluminação (GYULA; SCHÄFER; NAGY, 2003).

Entre os diferentes pigmentos que podem promover as respostas fotomorfogênicas nas plantas, os mais importantes são aqueles que absorvem luz vermelha e azul (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os fitocromos se interconvertem em formas ativas e inativas que respondem aos diferentes comprimentos de onda, esta conversão é utilizada pelas plantas na sincronização do seu desenvolvimento com as exigências luminosas do ambiente. Os sinais luminosos fornecem informações

fundamentais em muitos estágios do desenvolvimento vegetal como germinação de sementes, desenvolvimento de plântulas, desenvolvimento adequado do sistema fotossintético, dormência de brotos, respostas a competição, tuberização, floração, alocação e armazenamento de nutrientes (SMITH, 2000).

A luz é um fator ambiental de extrema importância para as plantas devido sua ação direta e indireta na regulação do crescimento e desenvolvimento do vegetal, influenciando a anatomia foliar tanto nos primeiros estádios de desenvolvimento como na fase adulta já que a folha é um órgão de grande plasticidade e sua estrutura interna se adapta às condições de luz ambiental (SCHUERGER; BROWN; STRYJEWISKI, 1997). A influência exercida pela luz sobre a anatomia foliar pode ser avaliada de acordo com a intensidade, qualidade e quantidade de luz (BOARDMAN, 1977).

2.4 Análise Espectral de Folhas

Embora diversos autores tenham confirmado efeitos morfológicos e fisiológicos da qualidade da luz nas plantas, as respostas variam de acordo com cada espécie (ANTONOPOULOU et al. 2004). A utilização efetiva de filtros espectrais como modificadores do desenvolvimento de plantas depende do conhecimento de quais faixas do espectro estão envolvidas nas respostas de crescimento de cada planta (McMAHON; KELLY, 1995).

Técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas na caracterização espectral da cobertura vegetal em diversos níveis de abordagens. Essas abordagens incluem o estudo de dossel e/ou de folhas isoladas, extraídas ou não (CARDOSO; PONZONI, 1996). A partir dos dados gerados em estudos de vegetação, é possível obter informações sobre a distribuição dos diferentes tipos de vegetação, estrutura do dossel, estado fenológico, condições de estresse, carência de nutrientes, entre outros (BENEDETTE et al., 2009).

As diferenças na reflectância podem ser utilizadas para discriminar espécies vegetais e as condições em que a planta se apresenta. Características das folhas, do dossel e propriedades ópticas geram padrões distintos de reflectância, os quais são influenciados pelas condições ambientais. As mudanças espectrais nas folhas devido ao estresse fisiológico alteram a resposta espectral tanto no visível quanto no infravermelho próximo. Distúrbios metabólicos afetam a habilidade da clorofila

absorver luz visível e a reflectância aumenta com o aumento da situação de estresse (HAMID MUHAMMED; LARSOLLE, 2003).

A folha é o principal órgão absorvedor da radiação eletromagnética da vegetação e a medição dessa energia absorvida, transmitida e refletida por estas, pode ser obtida por sensores em laboratório, campo, aéreo transportados ou orbitais (SANCHES et al., 2003). Na coleta de dados em laboratório, geralmente, são consideradas as folhas, partes ou alguns conjuntos de folhas, dos quais são coletados dados radiométricos com o objetivo de caracterizar espectralmente fenômenos ou aspectos relacionados ao processo de interação entre a radiação eletromagnética e a planta. O comportamento espectral da folha é consequência de sua composição, morfologia e estrutura interna (PONZONI, 2002).

Segundo Knipling (2003) existem três grandes faixas do espectro eletromagnético que se referem à resposta espectral de uma folha típica: a região do visível (0,4 - 0,7 μm), em que os pigmentos absorvem a energia incidente, com reflectância baixa; a região do infravermelho próximo (0,7 - 1,3 μm), com reflectância relativamente alta; e a do infravermelho médio (1,3 - 3 μm), com reflectância relativamente baixa (Figura 1). O ponto de inclinação máxima num espectro de reflectância da vegetação ocorre na fronteira entre comprimentos de onda de vermelho e infravermelho e é conhecido como o “red edge” (0,68 – 0,74 μm) (GITELSON; MERZLYAK; LICHTENTHALER, 1996). Segundo os autores, existe uma forte correlação entre o “red edge” e a concentração de clorofila de folhas e dosséis. Segundo Horler et al. (1983), o aumento da concentração de clorofila causará aprofundamento e aumentará a amplitude do espectro de absorção da clorofila, movendo o “red edge” para maiores comprimentos de onda.

Figura 1 - Curva de fator de reflectância típica de uma folha verde sadia (NOVO, 1989). Comprimento de onda (μm) e fator de reflectância (ρ)

A região do visível (0,4 - 0,7 μm) é a faixa do espectro eletromagnético utilizada pela fotossíntese, isto explica a grande absorção de energia nestes comprimentos de onda, e consequentemente as baixas reflectância e transmitância. Esta alta absorção está concentrada na região do azul e do vermelho, a luz na região do verde é absorvida em menor quantidade, fazendo com que as folhas reflitam mais nesta região, o que dá a aparência verde (VERBYLA, 1995 apud COURA, 2005). De acordo com Ponzoni (2001), três mecanismos influenciam a quantidade de luz eletromagnética refletida pelas folhas: pigmentos da folha, estrutura celular e conteúdo de água. Segundo o autor, os pigmentos encontrados nas folhas (clorofilas, carotenóides, xantofilas) atuam como absorvedores da radiação eletromagnética na região do visível (radiação fotossinteticamente ativa) e são responsáveis por baixos valores de reflectância nesta região espectral.

O estudo do comportamento espectral para diferenciação de ambientes protegidos possui poucos trabalhos desenvolvidos, mesmo em outras culturas devido à pesquisa ser recente nessa área.

Hamid Muhammed e Larsolle (2003) utilizaram esta técnica para determinar a severidade de doença fúngica em trigo. Foram observados dois efeitos com o aumento da severidade da doença, houve redução do pico de reflectância no verde e diminuição no vermelho-próximo. De acordo com os autores, podem-se adquirir dados onde é possível encontrar diferenças significativas nas características espectrais entre plantas saudáveis e doentes, e dessa forma determinar o estágio da doença para tomar as medidas de controle necessárias.

Estudo com oliveiras *Olea europea* L. irrigadas e em condição de seca mostrou que a reflectância do dossel pode ser utilizada como uma maneira rápida e não invasiva de detectar estresse hídrico (MARINO et al., 2014). Lima et al. (2012) utilizaram a reflectância de folhas de grama-bermuda para estimar a concentração de nitrogênio, devido à relação entre o teor de clorofila e o nitrogênio no tecido foliar, assim a técnica poderia ser utilizada como uma ferramenta para auxiliar na recomendação da adubação nitrogenada na cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas Ornamentais – LCTPO, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Esalq/USP, anexo ao Departamento de Produção Vegetal em Piracicaba, SP, altitude 547 m, de Fevereiro a Outubro de 2014.

O material utilizado no ensaio foi composto por duas espécies de heliconias. A primeira espécie utilizada é uma nova espécie de heliconia pendular do grupo 4, com hábito alastrante, brácteas de coloração vermelha/amarela e detalhes em negro, apresentando florescimento durante todo ano e porte reduzido, com aproximadamente 1,0 m de altura. O material estudado apresenta grande potencial para o mercado da floricultura e encontra-se em fase de registro no Ministério da Agricultura em parceria com a USP-inovação. Provisoriamente denominado de H-01 (Figura 2A), foram utilizadas 75 mudas de rizomas obtidas pelo método convencional e de 75 mudas originadas a partir de propagação *in vitro* de *Heliconia ortotricha* (Figura 2B), distribuídas ao acaso entre os três tratamentos de malhas, sendo 25 plantas de cada espécie por tratamento. Cada planta foi transplantada em vaso 19 em substrato BASE floricultura. Os vasos foram adubados com fertilizante NPK de formulação 20-20-20 na proporção de 4 g/L.

Figura 2 – Heliconias utilizadas no experimento. A. *Heliconia* H-01 (rizoma tradicional). B. *Heliconia ortotricha* cv. Eclipse Total (propagada *in vitro*)

Figura 3 - Mudas de helicônias utilizadas no experimento. A. *Heliconia* H01 (rizoma tradicional). B. *Heliconia ortotricha* Eclipse Total (propagada *in vitro*)

3.1 Casa de Vegetação

A casa de vegetação de ambiente protegido, vão único de 6,4 m e 36 m de comprimento com diferentes malhas quanto ao tipo de luz transmitido (ChromatiNET[®]), dispostas em sequência nas cores vermelha, azul e preta (controle), porém com o mesmo índice de sombreamento de 30 % na parte superior e 50 % na lateral voltada para a nascente (Figura 3). Na lateral oposta foi mantida malha negra 50 % para todos os tratamentos. O túnel é disposto no sentido norte/sul e foi dividido em três partes iguais para receber os tratamentos das malhas. As malhas são instaladas a 3,5 m do solo e móveis. Para evitar interferências entre os tratamentos, as plantas tomadas para análise de um tratamento estarão a uma distância maior que 7 metros do outro tratamento ou do perímetro da casa de vegetação, evitando assim interferência direta da luz de um tratamento no outro (Figuras 4).

Figura 4 - Vista da área externa da casa de vegetação

Figura 5 – Área interna da casa de vegetação

3.1.1 Temperatura

Para obtenção dos dados de temperatura foram utilizados sensores Termo Higrômetro Incoterm®, um para cada tratamento. Foram registradas as temperaturas máximas e mínimas diariamente, durante todo o período do experimento, a fim de observar se houve diferença entre os tratamentos. Os dados foram analisados através de estatística descritiva, valendo-se das médias de máximas e mínimas temperaturas mensais.

3.1.2 Irrigação

Foi aplicada irrigação por gotejamento através da Tecnologia Irrigás® da Hidrosense modelo MRI, permitindo o controle automático da irrigação monitorando a tensão da água do solo por seis sensores distribuídos aleatoriamente em cada tratamento da espécie *Heliconia* H01 totalizando 18 sensores. Os sensores foram colocados na altura mediana do vaso e cobertos por substrato e os bicos de irrigação foram posicionados à aproximadamente 10 cm de profundidade. Através deste sistema avaliou-se a volume de água (ml) exigido nas diferentes cores de malhas.

As plantas de *H. ortotricha* Eclipse Total foram irrigadas com o mesmo volume de água da *Helicônia* H01, já que não havia dados na literatura da necessidade hídrica dessa cultura. As plantas de *H. ortotricha* se adaptaram à quantidade de água irrigada e não apresentaram estresse hídrico.

Além dos dados gerados pelo irrigas, foram feitas coletas diárias de água em cada um dos tratamentos, em uma das saídas escolhidas aleatoriamente. Em cada saída haviam quatro bicos, assim coletou-se a água de todos para evitar possíveis diferenças de pressão entre os bicos. Os dados foram analisados estatisticamente através de análise descritiva.

3.2 Características Agronômicas

Foram realizadas avaliações mensais da altura (cm) das hastes, da base do caule até a base da folha, e número de brotos lançados por mês, lançados ao longo tempo, e acumulados durante o experimento. Ao final do experimento, avaliou-se o número de folhas por haste.

Para verificar se houve diferença entre tratamento relativo à altura das hastes de *H. H01* e *H. ortotricha* foi ajustado o seguinte modelo misto (PINHEIRO; BATES, 2000).

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_{ij} + \epsilon_{ijk},$$

$$i = (1, \dots, 3), j = (1, \dots, 25) \text{ e } k = (1, \dots, v_j \text{ (número de brotos do vaso } j))$$

Em que,

Y_{ijk} é a altura do broto k do vaso j , referente ao tratamento i ;

μ é a média geral;

τ_i é o efeito fixo do tratamento i ;

β_{ij} é o efeito aleatório do vaso j do tratamento i , $\beta \sim N(0, \sigma^2_b)$;

ϵ_{ijk} é o erro referente ao tratamento i , vaso j e broto k , $\epsilon \sim N(0, \sigma^2_b)$.

Em seguida, pelo teste da razão de verossimilhança (TRV) a nível de 5% buscou-se identificar diferença entre os três telados.

Para verificar se houve diferença entre tratamentos da H-01, para número de brotos (lançados e acumulados durante o experimento), foi ajustado o seguinte modelo linear generalizado (NELDER; WEDDERBURN, 1972):

$Y_{ij} \sim \text{Poisson}(\mu_{ij})$, componente aleatório

$\eta_{ij} = \log(\mu_{ij})$, função de ligação

$\eta_{ij} = m + \tau_i$, componente sistemático (preditor linear).

A diferença entre tratamentos foi verificada pelo teste da razão de verossimilhança.

O modelo utilizado para avaliar o número de brotos (lançados e acumulados durante o experimento) entre os tratamentos em *H. ortotricha* Eclipse Total, foi o modelo linear generalizado (NELDER; WEDDERBURN, 1972):

$\sim \text{Quasipoisson}(\mu_{ij})$, componente aleatório

$\eta_{ij} = \log(\mu_{ij})$, função de ligação

$\eta_{ij} = m + \tau_i$, componente sistemático (preditor linear)

A diferença entre tratamentos foi verificada pelo teste da razão de verossimilhança.

3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

Amostras de folhas medindo (5x5mm) foram fixadas em solução Karnovsky modificada (glutaraldeído 2%, paraformaldeído 2%, cloreto de cálcio 5 mM em tampão cacodilato de sódio 0,05M pH 7,2) durante 48 horas. Posteriormente as amostras foram lavadas três vezes de 10 minutos em tampão cacodilato de sódio 0,1M sendo em seguida desidratadas em séries crescentes de etanol em água nas seguintes concentrações: 35%; 50%; 60%; 70%; 80%, 90% 1 vez de 15 minutos; e etanol 100%, 3 vezes de 20 minutos. A secagem ao ponto crítico foi feita utilizando CO₂ líquido (Leica EM CPD 300) e a montagem das amostras em suportes metálicos “stubs”, sendo metalizadas com ouro durante 180 segundos ao evaporador (MED 010 Balzers). As imagens foram obtidas ao microscópio eletrônico JEOL JSM 5600 LV (Tóquio Japão) a 20 kV sendo as imagens digitalizadas.

Foi feita a contagem dos estômatos da face abaxial de ambas as espécies por milímetro quadrado de cinco amostras por tratamento de cada espécie. A normalidade e homogeneidade da variância foram testadas através dos testes de Shapiro-Wilk e Barlett, respectivamente. Para testar as diferenças entre os telados foi realizada análise de variância (Generalized Linear Models – GLM), seguido pelo teste de Duncan.

3.4 Análise Espectral de Folhas

Incluímos análises mensais, no período de abril a outubro para *H. H01*, e de maio a outubro para *H. ortotricha*, utilizando a terceira folha mais jovem, quanto a refletância nas diferentes malhas utilizando o sensor hiperespectral FieldSpec Spectroradiometer (ASD – Analytical Spectral Devices Inc., Boulder, CO, EUA) que opera no intervalo espectral de 350 a 2500 nm, com resolução espectral de 1,4 nm de 350 a 1050 nm e 2 nm de 1050 a 2500 nm, acoplado a uma esfera integradora da ASD configurada para e realização de leituras de refletância da folha (Figura 3). Foi realizada a avaliação da resposta espectral da folha da cultura, utilizando-se o FieldSpec spectroradiometer acoplado a esfera integradora (ASD – Analytical Spectral Devices Inc., Boulder, CO, EUA), este aparelho, cria um micro ambiente, com fonte de luz própria, que permite a obtenção de curvas espectrais pouco influenciadas pelas condições atmosféricas, com menor grau de ruídos aleatórios e com informações das bandas de absorção da água (comprimentos de onda próximos a 1400 e 1900 nm), dados estes que são perdidos em avaliações de

dossel (Figuras 5 e 6). Com estas análises, correlacionamos as diferentes malhas e quanto da luz (PAR) está sendo refletido nas folhas de heliconia.

Foram utilizadas três imagens de cada uma das espécies para discussão dos resultados. Para *H. H01* foram utilizadas imagens de abril, julho e outubro, e para *H. ortrotricha* os meses de junho, agosto e outubro. Para averiguar a diferença entre tratamentos, foi criada uma função desvio com o intuito de conhecer o comprimento de onda que exibe a maior diferença entre os tratamentos, dada por:

$$F(x) = |f1(x) - f2(x)| + |f2(x) - f3(x)| + |f1(x) - f3(x)| ; x \text{ pertence } [430\text{nm}, 2050\text{nm}]$$

em que: f1 – controle; f2 – telado vermelho; f3 – telado azul.

A função desvio é expressa pela curva amarela e mostra a banda que exibe a maior diferença entre tratamentos.

Figura 6 – Coleta de dados de folhas de *H. ortrotricha*

Figura 7 – Vista superior do equipamento

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura

As temperaturas dos telados não apresentaram diferença estatística significativa entre si (Tabela 1), como ilustrado pelas Figuras 8 e 9. Embora os telado azul e vermelho tenham apresentado maiores temperaturas que o controle.

Leite (2006), ao analisar as temperaturas médias no interior de casas de vegetação azul, vermelha e preta, não encontrou diferenças estatísticas no teste de Tukey a 5% de probabilidade. De acordo com o autor, quaisquer respostas das plantas devem-se às mudanças no espectro transmitido através das malhas coloridas e não à temperatura.

Tabela 1 - Médias das temperaturas máxima e mínima em graus Celsius

Tratamentos	Temperatura máxima	Temperatura mínima
	Média (Desvio padrão)	Média (Desvio padrão)
Controle	36,92 (4,67)	14,85 (3,88)
Telado Azul	38,03 (4,56)	15,54 (3,89)
Telado Vermelho	38,16 (4,77)	14,87 (3,90)

Figura 8 – Temperatura máxima média dos tratamentos de janeiro à outubro

Figura 9 – Temperatura mínima média dos tratamentos de janeiro à outubro

4.2 Irrigação

Os dados coletados diariamente nos três tratamentos não puderam ser utilizados para comparar a quantidade de água consumida durante o tratamento (Tabelas 2, 3 e 4). A saída de água escolhida, aleatoriamente, para coleta do telado vermelho apresentou problema durante a irrigação, pois houve recuo da água que restava na mangueira, para a saída escolhida após algumas irrigações, resultando em um aumento de água esporádico. Este fato impossibilitou a utilização dos dados, pois houve aumento na quantidade de água no telado vermelho que não correspondia às necessidades hídricas das plantas.

Devido à este e entre outros problemas, o aparelho Irrigás® foi calibrado diversas vezes em busca de uma solução. Dessa forma a coleta de dados para irrigação não estão em conformidade, porém existem os registros do Irrigás® comparando cada um dos tratamentos, sendo os picos de irrigação detectados pelo Irrigás® durante todo o experimento (Figuras 10) e para maiores detalhes, um gráfico de irrigação do mês de outubro (Figura 11).

Segundo dados do Irrigás®, houve um total 288 picos de irrigação no telado controle (Ramal 1), 256 no telado azul (Ramal 2) e 228 no vermelho (Ramal 3). Pode-se observar através desses dados que houve maior número de irrigações nas plantas do tratamento controle, assim o consumo de água neste tratamento foi maior que nos demais e as plantas cultivadas sob o telado vermelho apresentaram menor consumo de todos os tratamentos. Apesar de todos os problemas enfrentados durante o experimento as plantas não apresentaram estresse hídrico.

Tabela 2 - Irrigação média em ml a cada quatro bicos de irrigação do telado azul para os meses de Maio a Outubro

Telado Azul				
Mês	Média	Desvio Padrão	Máxima	Mínima
Maio	505,4	161,8	790	300
Junho	480,1	184,4	960	300
Julho	322,9	123,3	580	200
Agosto	498,7	180,9	830	240
Setembro	611,3	203,8	870	250
Outubro	829,7	199,6	1150	320

Tabela 3 - Irrigação média em ml a cada quatro bicos de irrigação do telado vermelho para os meses de Maio a Outubro

Telado Vermelho				
Mês	Média	Desvio Padrão	Máxima	Mínima
Maio	533,1	179,7	770	330
Junho	570,3	214,8	1150	310
Julho	752,0	258,4	1210	270
Agosto	506,5	178,9	850	230
Setembro	591,3	170,1	850	280
Outubro	816,7	226,2	1400	550

Tabela 4 - Irrigação média do controle (sombrite) para os meses de Maio a Outubro

Controle				
Mês	Média	Desvio Padrão	Máxima	Mínima
Maio	523,8	115,9	640	310
Junho	606,2	214,4	1230	300
Julho	417,6	172,3	840	210
Agosto	552,5	197,9	910	250
Setembro	763,5	232,6	1100	290
Outubro	1007,5	237,5	1330	540

Figura 10 - Picos de irrigação do Hidrograf®. Controle (Linha Vermelha); Telado Azul (Linha Amarela); Telado Vermelho (Linha Verde)

Figura 11 - Picos de irrigação do Hidrograf® para o mês de outubro. Telado Azul (Linha Amarela); Telado Vermelho (Linha Verde)

4.3 Características Agronômicas

As malhas coloridas são projetadas, especificamente, para modificar a radiação incidente em termos de espectro e dispersão (ELAD et al., 2007), conforme a cor do telado, é possível verificar modificações nos padrões de desenvolvimento e mudança em várias características anatômicas, fisiológicas e bioquímicas das plantas (BRANT et al., 2009).

Avaliando as médias é possível afirmar que as plantas de *Heliconia* H01 cultivadas sob telado vermelho produziram menos brotos, já aquelas sob telado azul produziram tanto quanto o controle (sombrite®). Ao final do experimento, o azul apresentou o maior número de brotos (94 brotos), não diferindo estatisticamente do controle, e o vermelho a menor quantidade (59 brotos) (Tabela 5). As plantas dos telados azul e o controle apresentaram grande aumento no número de brotos entre os meses 4 e 6, enquanto que o telado vermelho manteve-se constante (Figura 12). O número de brotos acumulados durante o experimento foi menor no telado vermelho, enquanto que no azul e controle não houve diferença significativa (Figura 13). A altura final diferiu no controle, que apresentou menor valor, enquanto que nos telados azul e vermelho apresentaram alturas maiores, porém sem diferirem entre si. O número de folhas final não apresentou diferença estatística (Tabela 6).

A espécie *Heliconia* H01 cultivada sob telas azul e vermelha apresentaram as maiores alturas em relação ao controle, não diferindo entre si (Tabela 6). O aumento em altura das plantas cultivadas sob baixos níveis de radiação pode ser atribuído ao aumento da dominância apical e é considerada uma resposta morfogênica típica (RYLE, 1961), em resposta ao decréscimo de fotoassimilados e ao aumento no nível de auxina (PHILLIPS, 1975). Dessa forma, a redução no nível de radiação incidente induziu as plantas a investirem maior proporção dos seus recursos no crescimento em altura, ao invés de investir em quantidade de brotos.

Segundo Stamps e Chandler (2006), as plantas de *Philodendron* apresentaram menor porte sob as malhas vermelha e preta em relação à malha azul, e as folhas desenvolveram coloração verde clara quando cultivadas em malha vermelha. Em *Pittosporum* houve aumento no comprimento do entrenó nas plantas cultivadas em malha vermelha, e consequentemente apresentaram maior altura em relação às outras plantas cultivadas nas demais malhas.

Para a cultura de helicônia não foram encontrados trabalhos publicados sobre a influência de telados coloridos no desenvolvimento das plantas. No entanto, para

diversas espécies, existem pesquisas que mostram que sob tela vermelha, as plantas apresentaram maiores taxas de crescimento, em relação ao telado preto e azul (OREN-SHAMIR et al., 2001). O cultivo de mudas de cafeeiro sob telado vermelho apresentou melhor desenvolvimento em altura, área foliar e massa de matéria seca foliar e total em relação aos telados preto e azul (HENRIQUE et al., 2011).

***Heliconia* H01**

Tabela 5 - Número de brotos lançados ao longo do tempo e somatória final de brotos

Tratamentos	Média (Erro padrão)	Soma total
Controle	3,76 (0,44) a	88
Telado Azul	3,52 (0,36) a	94
Telado Vermelho	2,36 (0,34) b	59

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. X^2_2 , $p < 0,05$

Tabela 6 - Altura e número de folhas finais

Tratamento	Altura	Número de folhas
Controle	15,628 (7,65) b	3,131 (1,22) a
Telado Azul	19,942 (8,68) a	3,279 (1,15) a
Telado Vermelho	19,066 (8,68) a	3,132 (1,12) a

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 10,75$, $p < 0,05$ para altura e $X^2_2 = 1,42$, $p = 0,49$ para número de folhas. Média acompanhada do seu respectivo desvio padrão

Figura 12 – Número de brotos lançados por mês em *H. H01*

Figura 13 – Número de brotos acumulados ao longo do tempo em *H. H01*

***Heliconia ortrotricha* Eclipse Total**

Não houve diferença estatística significativa quanto ao número de brotos lançados ao longo do tempo nas plantas de *H. ortrotricha*, porém a quantidade de brotos final foi maior nas plantas do telado vermelho e menor no controle (Tabela 7). O número de brotos lançados em cada mês, nos três tratamentos, apresentou picos em determinados meses, (Figura 14) e o telado vermelho apresentou maior quantidade de brotos lançados durante o tempo, embora não tenha havido diferença estatística significativa (Tabela 7). O número de brotos acumulados durante o experimento não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, embora as plantas cultivadas sob o telado vermelho tenham mostrado maior acúmulo de brotos ao longo do tempo (Figura 15). Esse resultado é devido ao fato das plantas cultivadas sob telado vermelho apresentarem maior quantidade de brotos lançados no início do tratamento (Figura 14)

As *H. ortrotricha* cultivadas sob telado azul apresentaram maior altura final e na sequência o telado vermelho e depois o controle. Não houve diferenças significativas em relação ao número de folhas entre os tratamentos (Tabela 8). Segundo Ito et al., (2006), orquídeas *Phalaenopsis* cultivadas sob malha azul apresentaram maior vigor vegetativo quando comparadas às plantas cultivadas sob malha vermelha. Em *Philodendron* híbrido 'Xanadu', a malha azul apresentou maior porte em relação às malhas vermelha e preta (STAMPS; CHANDLER, 2006). As plantas de alfavaca *Ocimum gratissimum* L. apresentaram maior altura sob tela azul em relação à vermelha e preta (MARTINS et al., 2008). Porém, de acordo com Melo e Alvarenga (2009), outros trabalhos destacam a malha vermelha com maiores resultados em massa seca, área foliar e altura.

Todas as plantas possuem habilidade de modificação de seu modelo de desenvolvimento em resposta ao ambiente luminoso em que se encontram (LARCHER, 2004), porém a natureza da resposta morfogênica pode variar de maneira significativa entre espécies de acordo com a capacidade de aclimação e a dependência da quantidade ou qualidade da luz (LIMA et al., 2008). Sabe-se que pigmentos específicos, como fitocromos e criptocromos, absorvem radiação em comprimentos de ondas específicos, desencadeando uma série de modificações no desenvolvimento das plantas, assim como a inibição ou estímulo de brotações (DIGNART et al., 2009).

Tabela 7 - Número de brotos lançados ao longo do tempo e somatória final de brotos (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamentos	Média (Erro padrão)	Soma total
Controle (Sombríte)	1,52 (0,43) a	38
Telado Azul	1,84 (0,44) a	46
Telado Vermelho	2,16 (0,34) a	54

$F_{2,72} = 0,5978$, $p = 0,5527$

Tabela 8 – Altura e número de folhas finais (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamento	Altura	Número de folhas
Controle	28,04(0,95) c	3,42 (0,14) a
Telado Azul	34,54(0,93) a	3,66 (0,17) a
Telado Vermelho	31,63 (8,68) b	3,28 (0,12) a

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 16,39$, $p < 0,05$ para altura e $X^2_2 = 3,65$, $p = 0,16$ para número de folhas. Média acompanhada do seu respectivo desvio padrão

Figura 14 – Número de brotos lançados por mês em *H. ortotricha* Eclipse Total

Figura 15 - Número de brotos acumulados ao longo do tempo em *H. ortotricha*

4.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

A espécie *H. H01* cultivada sob malha vermelha apresentou diferença significativa na quantidade de estômatos por mm² (Figura16) em relação às telas azul e controle, que não apresentaram diferença estatística (Tabela 9). A espécie *H. ortrotricha* não apresentou diferença estatística significativa (Tabela 9). Esses resultados podem ser comparados aos observados por Rajapske e Kelly (1993), que obtiveram menor densidade estomática trabalhando com crisântemo, *Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura, cultivado sob filtros de CuSO₄, que produz os mesmos efeitos de filtros de luz azul.

Em orquídea *Cattleya loddigesii* foi observado maior densidade estomática em plântulas cultivadas sob malha vermelha, e aquelas submetidas à malha azul apresentaram a menor densidade de estômatos (ARAUJO et al., 2009). De acordo com os autores essas variações revelam a plasticidade anatômica de *C. loddigesii* em função do ambiente de cultivo. Porém, em orquídea *Laelia purpurata* var. cárnea, a densidade estomática das plantas cultivadas sob malha vermelha em relação àquelas cultivadas em malha azul, não diferiram estatisticamente (SILVA JUNIOR et al., 2012).

O aumento da densidade de estômatos está geralmente relacionado com uma maior condutância estomática (JUSTO et al., 2005), evitando que a fotossíntese seja limitada sob condições adversas (LIMA JR et al., 2006). Este resultado pode indicar um mecanismo de adaptação a possíveis condições de estresse, que pode assegurar às plantas maior eficiência de trocas gasosas em horários caracterizados pela maior umidade relativa do ar (MEDRI; LLERAS, 1980). Assim pode-se inferir que as *H. ortrotricha* não apresentaram esse tipo de mecanismo de adaptação, provavelmente por serem mais resistentes ao estresse causado pela alteração da incidência de luz.

Tabela 9 - Número de estômatos por mm²

Tratamento	<i>H. H01</i>	<i>H. ortrotricha</i>
Controle	169,22 a	221,53 a
Azul	164,61 a	186,92 a
Vermelho	193,07 b	234,61 a

Médias com letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de 5%. (DUNCAN, 1955)

Figura 16 – Microscopia eletrônica de varredura da face abaxial A, C e E – *Heliconia* H01. B, D e F – *Heliconia* *ortotricha* Eclipse Total. A e B- Telado vermelho. C e D- Telado Azul. E e F- Controle (Sombrite). Barra: 100µm

4.5 Análise Espectral de Folhas

***Heliconia* H01**

Devido à especialização como estruturas fotossintetizantes, as folhas têm grande importância na interação do fluxo radiante com a vegetação. A estrutura da folha desempenha um papel de relevo na sua reflectância espectral, uma vez que detalhes na anatomia e fisiologia foliar têm funções variadas no processo de interação (VALERIANO, 2003).

Na análise do mês de abril, a função desvio (curva amarela) apresentou diferença significativa na região do visível, onde as folhas das plantas do telado vermelho apresentaram maior reflectância e o telado azul a menor (Figura 17). Dessa forma, as plantas do telado azul absorveram mais radiação nesta faixa. Nesta região (400 – 700 nm), ocorre a absorção da energia incidente pelos pigmentos fotossintetizantes (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). De acordo com Gates et al. (1965), uma composição de diversos pigmentos fotossintéticos atuam neste processo, onde a clorofila é pigmento predominante e o único a atuar em torno de 645nm.

Houve diferença significativa na região do “red edge”. O ponto máximo de declive na reflectância da vegetação é conhecido como “red edge”, e ocorre entre os comprimentos de onda de 680-750nm, onde a reflectância muda de muito baixa, na região de absorção do vermelho pela clorofila, para muito alta na região do infravermelho próximo devido ao espalhamento da luz incidente que ocorre na folha (FILELLA; PEÑUELA, 1994). Segundo Gitelson; Merzlyak; Lichtenthaler, (1996) existe uma forte correlação entre o “red edge” e a concentração de clorofila de folhas e dosséis. Segundo Horler et al. (1983), o aumento da concentração de clorofila causará aprofundamento e aumentará a amplitude do espectro de absorção da clorofila, movendo o “red edge” para maiores comprimentos de onda. Porém, para determinação da diferença entre os tratamentos, seria necessária uma análise precisa da quantidade de clorofila nos meses em que foram realizadas as análises de reflectância espectral das folhas.

Na faixa do infravermelho próximo, as folhas do telado vermelho apresentaram maior reflectância, enquanto que as plantas dos telados azul e controle não diferiram entre si. De acordo com Gates et al. (1965), a reflectância de folhas nesta região do espectro resulta da interação da energia incidente com a

estrutura do mesófilo. Segundo Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich (2012), quanto mais lacunosa for a estrutura interna da folha, maior será o espalhamento interno da radiação e assim maiores serão os valores do fator de reflectância. Os tratamentos não apresentaram diferença estatística na região do infravermelho médio.

Em julho, semelhante ao mês de abril, o telado azul apresentou maior absorção na região do visível. A região do “red edge” apresentou diferença significativa, porém em menor intensidade do que no mês abril. No entanto, não houve diferenças significativas nas outras regiões do espectro (Figura 18).

A curva espectral do mês de outubro mostrou maior reflectância, na região do visível, das folhas de plantas cultivadas sob o telado controle, os tratamentos azul e vermelho não apresentaram diferenças significativas entre si. Não houve diferença significativa entre os telados nas demais regiões do espectro (Figura 19).

Figura 17 – Curva espectral de folhas de *H. H01* referente ao mês de abril

Figura 18 - Curva espectral de folhas de *H. H01* referente ao mês julho

Figura 19 – Curva espectral de folhas de *H. H01* referente ao mês de outubro

H. ortotricha

Na análise do mês de junho, as folhas das plantas cultivadas sob telado azul apresentaram maior reflectância na região do visível em relação aos demais tratamentos, que absorveram mais a radiação nesta região e não apresentaram diferença significativa entre si. Os pigmentos encontrados nas folhas (clorofilas, carotenóides, xantofilas) atuam como absorvedores da radiação eletromagnética na região do visível (radiação fotossinteticamente ativa) e são responsáveis por baixos valores de reflectância nesta região espectral (PONZONI, 2011). Segundo Jensen (2009) a energia eletromagnética interage com os pigmentos, água e espaços internos das células, onde a energia refletida da superfície da folha é igual à energia incidente menos a energia absorvida diretamente para a fotossíntese e a quantidade de energia transmitida diretamente através da folha.

A região do “red edge” apresentou diferença significativa. O vermelho e o azul refletiram mais na região do infravermelho próximo e do infravermelho médio (Figura 20). De acordo com Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich (2012), de maneira geral, quanto mais lacunosa for a estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente e dessa forma maiores serão os valores do fator de reflectância.

No mês de agosto houve diferença significativa na região do visível, as folhas das plantas cultivadas sob telado azul, absorveram mais que os demais tratamentos. Houve diferença significativa entre os tratamentos na região do “red edge”. Entre os comprimentos de onda 730 e 930 nm, na região do infravermelho próximo, o telado controle foi o que apresentou maior reflectância, não havendo diferença significativa entre os demais tratamentos no restante da curva (Figura 21).

A análise do mês de outubro apresentou diferenças na região do visível, onde as folhas das plantas do telado azul apresentaram menor reflectância e os demais tratamentos não diferiram entre si. Nas demais regiões da curva não houve diferenças significativas (Figura 22).

Figura 20 – Curva espectral de folhas de *H. ortotricha* referente ao mês de junho

Figura 21 – Curva espectral de folhas de *H. ortotricha* referente ao mês de agosto

Figura 22 – Curva espectral de folhas de *H. ortotricha* referente ao mês de outubro

4.6 Discussão Geral

Heliconia H01

As heliconias *H. H01* cultivadas sob telado vermelho e azul apresentaram maiores alturas, sem diferença estatística significativa quando comparados entre si. O telado vermelho apresentou menor produção de brotos mensais e ao longo do tempo, e maior quantidade de estômatos por mm^2 . O aumento na quantidade de estômatos está, geralmente, relacionado ao aumento da condutância estomática, evitando que a fotossíntese seja afetada.

Nas análises de reflectância dos meses de julho e outubro, as folhas do telado vermelho apresentaram maior reflectância, o que corresponde a menor absorção da luz visível para fotossíntese. O que provavelmente explicaria o aumento na quantidade de estômatos por mm^2 , para aumentar a condutância estomática de maneira a evitar a limitação da fotossíntese.

***H. ortotricha* Eclipse Total**

As plantas de *H. ortotricha* cultivadas sob tela azul mostraram maior desenvolvimento em altura que os demais tratamentos. A luz azul é conhecida por provocar encurtamento do caule e maior desenvolvimento vegetativo, fato que não ocorreu nas plantas de *H. ortotricha*, porém há estudos que mostram que plantas cultivadas sob malha azul apresentaram maior altura e massa seca. Não houve diferenças significativas no número de brotos ao longo do tempo, porém o vermelho apresentou maior número de brotos totais, já que nos primeiros meses de experimento lançou mais brotos que os demais tratamentos. Essa espécie não mostrou diferença significativa na quantidade de folhas finais e na quantidade de estômatos por mm².

Nos meses de junho e outubro as folhas das plantas cultivadas sob malha azul apresentaram menor reflectância na região do visível, devido a maior absorção pelos pigmentos fotossintetizantes. O que explicaria o maior desenvolvimento em altura, já que a fotossíntese é fundamental para um maior vigor vegetativo.

As respostas das plantas cultivadas sob telados coloridos variam de espécie para espécie, e dessa forma os telados coloridos influenciaram as duas espécies de helicônias à diferentes respostas.

5 CONCLUSÕES

***Heliconia* H01**

As plantas cultivadas sob telado vermelho apresentaram menor número de brotos lançados ao longo do tempo, e os telados azul e controle não diferiram estatisticamente entre si.

O controle apresentou menor altura, os telados azul e vermelho apresentaram plantas maiores com alturas, sem diferirem estatisticamente.

As folhas das plantas mantidas sob telado vermelho apresentaram maior número de estômatos por mm², os demais tratamentos não diferiram entre si.

Houve diferenças significativas na reflectância das folhas entre os tratamentos, principalmente na região do visível.

***Heliconia ortotricha* Eclipse Total**

Não houve diferença significativa na quantidade de brotos lançados ao longo do tempo, porém o telado vermelho apresentou maior número de brotos já que lançou mais brotos no início do experimento.

As plantas do telado azul apresentaram maior altura e o controle a menor.

Não houve diferença significativa na quantidade de estômatos por mm².

Houve diferença significativa na reflectância das folhas na região do visível e no infravermelho próximo.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, L. **The families and the genera of vascular plants: flowering plants. Monocotyledons.** Berlin: Springer, 1998. 511p.
- ANTONOPOULOU, C. DIMASSI, K.; THERIUS, I.; CHATIZISSAVVIDS, C.. The influence of radiation quality on the in vitro rooting and nutrient concentrations of peach rootstock. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 48, n. 4, p. 549-553, 2004.
- ARAUJO, A.G.; PASQUAL, M.; MIYATA, L. Y.; CASTRO, E.M.; ROCHA, H. S. Qualidade de luz na biometria e anatomia foliar de plântulas de *Cattleya loddigesii* L. (Orchidaceae) micropropagadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p. 2506-2511, 2009.
- BALL, D. Heliconia a pot plant. In: PROCEEDINGS OF THE ANNUAL MEETING OF THE FLORIDA STATE HORTICULTURE SOCIETY, 1988, Florida. p. 165-167.
- BARROS, V.M.; GÓMES, J.J.B. **Heliconias de Antioquia: guia de indentificación y cultivo.** Medellín: Universidad de Antioquia, 1998. 194p.
- BATSCHAUER, A. Light perception in higher plants. **Cellular and Molecular Life Science**, Basel, v. 55, p. 153-165, 1999.
- BENEDETTI, A.C.P.; A.C.P.; BRANDELERO, C.; BACKES, K.S.; PEREIRA, R.S. Caracterização espectral de folhas e influência do tempo após a coleta de folhas na refletância de *Erythrina crista-gali* L. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 2753-2759.
- BERRY, F.; KRESS, J. **Heliconia: an identification guide.** Washinton: Smithsonian Institution Press, 1991. 334p.
- BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 355-377, 1977.
- BRAGA, F.T.; PASQUAL, M.; CASTRO, E. M.; DIGNART, S.L.; BIGIOTTI, G.; PORTO, J.M.P. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandifolium* cv. Rage: características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 502-508, 2009.
- BRANT, R. da S.; PINTO, J.E.B.P.; ROSA, L.F.; ALBUQUERQUE, C.J.B; FERRI, P.H.; CORRÊA, R.M. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 1401-1407, 2009.
- CARDOSO, P.C.S.; PONZONI, F.J. Caracterização espectral de folhas extraídas de cinco diferentes espécies vegetais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 891-896.

CASTRO, C.E.F. **Helicônia para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA, FRUPEX, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas e Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais, 1995. 44p.

CASTRO, C.E.F.; MAY, A.; GONÇALVES, C. Atualização da nomenclatura de espécies do gênero *Heliconia* (Heliconiaceae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 38-62, 2007.

CASTRO, C.R.P.; KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal**: teoria e prática. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. 650p.

COURA, S M.C.; PIROMAL, R.A.S.; CANAVESI, V.; GOMES, M.N.; QUIRINO, V.F.; PONZONI, F.J. Comparação de características espectrais das espécies *Ligustrum japonicum* Thunb. e *Cassia macranthera* DC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1477-1484.

CRILEY, R.A. Production of *Heliconia* as cut flower and their potential as new potted plants. **Horticulture Digest**, Honolulu, n. 94, p. 1-7, 1990.

CRILEY, R.A.; USHIDA, J.Y.; FU, Z. Productivity and periodicity of flowering in *Heliconia ortotricha* cultivars. **Acta Horticulturae**, Netherlands, v.624, p. 207-212, 2003.

DANIELS, G.S.; STILES, F.G. The *Heliconia* taxa of Costa Rica: Keys & Descriptions. **Brenesia**, San Jose, v. 15, n. 1, p. 1-150, 1979.

DIGNART, S.L.; CASTRO, E.D.; PASQUAL, M.; FERRONATO, A.; BRAGA, F.T.; PAIVA, R. Luz natural e concentrações de sacarose no cultivo *in vitro* de *Cattleya walkeriana*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, p.780-787, 2009.

DUNCAN, D.B. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics**, Washington, v.11, p.1-42, 1955.

ELAD, Y.; MESSICA, Y.; BRAND, M.; DAVID, D.R.; SZETEJNBERG, A. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). **Phytoparasitica**, Bet Gatan, v. 35, p. 285-299, 2007.

FILELLA, I.; PEÑUELAS, J. The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content, biomass and hydric status. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 15, n. 7, p. 1459-1470, 1994.

GATES, D.M. et al. Spectral properties of plants. **Applied Optics**, New York, v.4, p. 11-20, 1965.

GITELSON, A.A.; MERZLYAK, M.N.; LICHTENTHALER, H.K. Detection of red edge position and chlorophyll content by reflectance measurements near 700 nm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.148, p. 501-508, 1996.

GYULA, P.; SCHÄFER, E.; NAGY, F. Light perception and signalling in higher plants. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 6, p. 446-452, 2003.

HAMID MUHAMMED, H.; LARSOLLE, A. Feature vector based analysis of hyperspectral crop reflectance data for discrimination and quantification of fungal disease severity in wheat. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, p. 125-134, 2003.

HENRIQUE, P. C.; ALVES, J.D.; DEUNER, S.; GOULART, P.D.F.P.; DO LIVRAMENTO, D.E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas coloridas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 458-465, 2011.

IBRAFLOR. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

ITO, R.M.; LEE, G.T.S.; GANELEVIN, R.; RAGNANI, M.A.; LEITE, C.A. Light Spectrum Management Using Colored Nets to Control the Growth and Blooming of Phalaenopsis. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS., 27.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CULTIVATION AND UTILIZATION OF ASIAN, SUB-TROPICAL.; UNDERUTILIZED HORTICULTURAL CROPS, 2006. Seoul. **Annals...** Seoul: Acta Horticulturae, 2006. p. 177-184.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese. 2009. 598p.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 37-52, 2008.

JUNQUEIRA, H.A.; PEETZ, M.S. Balanço da floricultura brasileira em 2013. **Jornal Entreposto**, São Paulo, dez. 2013. Disponível em: < <http://www.hortica.com.br>>. Acesso em: 13 set. 2014.

JUSTO, C.F.; SOAREA, Â. M.; GAVILANES, M.R.; CASTRO, E.M.D. Leaf anatomical plasticity of *Xylopia brasiliensis* Sprengel (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.19, n.1, p.111-123, 2005.

KIYUNA, I.; FRANCISCO, V.L.F.S.; COELHO, P.J.; CASER, D.V; ASSUMPÇÃO, R.D.; ÂNGELO, J.A. Floricultura brasileira no início do século XXI: o perfil do produtor. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 14-32, abr. 2004.

KNIPLING, E.B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 1, n. 2, p. 155-159, 1970.

KRESS, J. The diversity and distribution of heliconia (Heliconiaceae) in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 159-167, 1990.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA Artes e Textos, 2004. 531p.

LEITE, C. A. **Utilização de malhas coloridas na produção de flores de alta, média e baixa exigência de radiação solar**. 2006. 116p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

LIMA, C.P.; BACKES, C.; FERNANDES, D.M.; SANTOS, A.J.M; GODOY, L.J.G.; BÔAS, L.R.V. Uso de índices de reflectância das folhas para avaliar o nível de nitrogênio em grama-bermuda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1568-1574, 2012.

LIMA JR, E.C.; DE ALVARENGA, A.A.; DE CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; BARBOSA, J.P.R.A.D. Aspectos fisionômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p.33- 41, 2006.

LIMA, J. D.; SILVA, B.M.S.; MORAES, W.S.; DANTAS, V.A.A.; ALMEIDA, C.C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 1, p. 5-10, 2008.

MARINO, G.; PALLOZZI, E.; COCOZZA, C.; TOGNETTI, R.; GIOVANELLI, A.; CANTINI, C.; CENTRITTO, M. Assessing gas exchange, sap flow and water relations using tree canopy spectral reflectance indices in irrigated and rainfed *Olea europea* L. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 99, p. 43-52, 2014.

MARTINS, J.R.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; PINTO, J.E.B.P.; SILVA, A.P.O. Avaliação do crescimento do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, n. 4, p.102-107, 2008.

McMAHON, M.J.; KELLY, J.W. Anatomy and pigments of chrysanthemum leaves developed under spectrally selective filters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 64, p. 203-209, 1995.

MEDRI, M.E; LLERAS, E. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. **Acta Amazonica**, Manaus, v.10, p.463-493, 1980.

MELO, A.A.M; ALVARENGA, A.A. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don ‘Pacifica White’ Por malhas coloridas: desenvolvimento vegetativo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 514- 520, 2009.

MOSCA, J.L.; QUEIROZ, M.B.; ALMEIDA, A.D.S; CAVALCANTE, R.; ALVES, R. **Helicônia**: descrição, colheita e pós-colheita. Fortaleza: EMBRAPA, Agroindústria Tropical, 2004. 32p.

NELDER, J.; WEDDERBURN, R. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, London, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972.

NOVO, E.M.L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blusher, 1979. 307p.

OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E.E.; SHPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 76, p. 353-361, 2001.

PEZZOPANE, J.E.M.; OLIVEIRA, P.C.; REIS, E.F.; LIMA, J.S.S. Alterações microclimáticas causadas pelo uso de tela plástica. **Engenharia Agrícola**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 9-15, 2004.

PHILLIPS, I. D.J. Apical dominance. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 26, p. 343-367, 1975.

PINHEIRO, J.C.; BATES, F.M. Mixed-Effects Models in S and S-PLUS. New York: Springer, 2000. 528p.

PONZONI, F.J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: _____. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB, 2001. cap. 5, p. 157-202.

PONZONI, F.J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. 28p.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160p.

RAJAPSKE, N.C.; KELLY, J.W. Spectral filters influence transpirational water loss in *Chrysanthemum*. **HortScience**, Alexandria, v.28, n.10, p.999-1001, 1993.

RYLE, G.J.A. Effects of light intensity on reproduction in S48 timothy (*Phleum pratense* L.). **Nature**, London, v. 19, p. 196-197, 1961.

SANCHES, I.D'A.; ANDERSON, L.O.; ROJAS, E.H.M. Influência do tempo após a coleta de folhas na reflectância e transmitância. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2605-2612.

SCHUERGER, A.C.; BROWN, C.S.; STRYJEWSKI E.C. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. **Annals of Botany**, London, v.79, p. 273-282, 1997.

SHAHAK, Y. ; GUSSAKOVSKY, E.E.; GAL, G.; GANELEVIN, R. Colornets: crops protection and light-quality manipulation in one technology. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROTECTED CULTIVATION IN MILD WINTER CLIMATES: PRODUCTION, PEST MANAGEMENT AND GLOBAL COMPETITION, 7., 2004, Kissimme. **Anais...**Kissimme: Acta Horticulturae, 2004. p. 143-151.

SHAHAK, Y.; GAL, E.; OFFIR, Y.; BEN-YAKIR, D. Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GREENHOUSE ENVIRONMENTAL CONTROL AND CROP PRODUCTION IN SEMI-ARID REGIONS, 2008, Tucson. **Annals...**Tucson: Acta Horticulturae, **2008**. p. 75-80.

SHAHAK, Y. Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 27.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CULTIVATION AND UTILIZATION OF ASIAN, SUB-TROPICAL, AND UNDERUTILIZED HORTICULTURAL CROPS, 2006, Seoul. **Annals...** Seoul: Acta Horticulturae, 2006. p. 161-168.

SILVA JUNIOR, J.M.; CASTRO, E.M.; RODRIGUES, M.; PASQUAL, M.; BERTOLUCCI, S.K.V. Variações anatômicas de *Laelia purpurata* var. *cárnea* cultivada in vitro sob diferentes intensidades e qualidade de luz espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 480-486, 2012.

SMITH, H. Phytochromes and light signal perception by plants – an emerging synthesis. **Nature**, London, v.407, p. 585-591, 2000.

SOUZA, G.S.; CASTRO, E.M.; SOARES, A.M.; SANTOS, A.R.; ALVES, E. Photosynthetic pigments content, photosynthesis rate and chloroplast structure in young plants of *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker grown under colored nets. **Ciências Agrárias**, Teresina, v. 32, p. 1843-1854, 2011.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação de angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640p.

STAMPS, R.H. Use of colored shade netting in horticulture. **HortScience**, Alexandria, v. 44, n. 2, p. 239-241, 2009.

STAMPS, R.H.; CHANDLER, A.L. Differential effects of colored shade nets on three cut foliage crops. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 27.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CULTIVATION AND UTILIZATION OF ASIAN, SUB-TROPICAL, AND UNDERUTILIZED HORTICULTURAL CROPS, 2006, Korea. **Annals...** Korea: Acta Horticulturae, 2006. p. 169-176.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artimed, 2013. 918p.

ANEXOS

ANEXO A – Tabelas de medidas de altura das hastes de maio a outubro para H-01 e para *H. ortotricha*.

Tabela 1 - Altura das hastes para o mês de Maio (H-01)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	16,14(0,84) a
Telado Azul	18,86(0,90) a
Telado Vermelho	18,06(0,86) a

Médias de letras iguais não diferem entre si. $X^2_2 = 5,28$, $p > 0,5$

Tabela 2 - Altura das hastes para o mês de Junho (H-01)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	16,99(0,81) a
Telado Azul	19,32(0,85) a
Telado Vermelho	18,85(0,81) a

$X^2_2 = 3,78$, $p > 0,5$

Tabela 3 - Altura das hastes para o mês de Julho (H-01)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	16,42(0,66) b
Telado Azul	20,22(0,79) a
Telado Vermelho	19,06(0,75) ab

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 9,10$, $p < 0,05$

Tabela 4 - Altura das hastes para mês de Agosto (H-01)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	16,76(0,64) b
Telado Azul	20,91(0,78) a
Telado Vermelho	18,94(0,74) ab

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 10,31$, $p < 0,05$

Tabela 5 - Altura das hastes para o mês de Setembro (H-01)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	16,27(0,65) b
Telado Azul	19,24(0,74) a
Telado Vermelho	19,37(0,69) a

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 6,02$, $p < 0,05$

Tabela 06 - Altura das hastes para o mês de Outubro (H-01)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	15,63 (0,65) b
Telado Azul	19,94 (0,76) a
Telado Vermelho	19,07 (0,74) a

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 10,75$, $p < 0,05$

Tabela 7 - Altura das hastes para o mês de Maio (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	19,15(1,11) b
Telado Azul	24,26(1,27) a
Telado Vermelho	21,40(0,82) ab

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 10,88$, $p < 0,05$

Tabela 8 - Altura das hastes para o mês de Junho (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	20,92(1,02) b
Telado Azul	25,66(1,04) a
Telado Vermelho	20,73(1,00) b

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 13,01$, $p < 0,05$

Tabela 9 - Altura das hastes para o mês de Julho (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	22,27(1,11) b
Telado Azul	28,68(1,21) a
Telado Vermelho	24,96(0,90) b

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 14,92$, $p < 0,05$

Tabela 10 – Altura das hastes para o mês de Agosto (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	24,02(0,96) b
Telado Azul	28,63(1,31) a
Telado Vermelho	27,00(0,75) a

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $X^2_2 = 10,31$, $p < 0,05$

Tabela 11 - Altura das hastes para o mês de Setembro (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	25,80(0,85)
Telado Azul	28,57(1,15)
Telado Vermelho	28,01(0,85)

$\chi^2_2 = 4,44$, $p > 0,05$

Tabela 12 - Altura das hastes para o mês de Outubro (*H. ortotricha* Eclipse Total)

Tratamentos	Média (Erro padrão)
Controle (Sombríte)	28,04(0,95) c
Telado Azul	34,54(0,93) a
Telado Vermelho	31,63(0,88) b

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem a nível de 5%. $\chi^2_2 = 16,39$, $p < 0,05$