

**JULIANO QUEIROZ SANTANA ROSA**

**CULTIVOS DE PIMENTÕES SOB TELAS FOTOSSELETIVAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

**Prof. Dr. Regis de Castro Ferreira**

Co-orientador:

**Prof. Dr. João Gaspar Farias**

Goiânia, GO – Brasil  
2012

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**(GPT/BC/UFG)**

R788c Rosa, Juliano Queiroz Santana.  
Cultivos de pimentões sob telas fotosseletivas  
[manuscrito] / Juliano Queiroz Santana Rosa. - 2012.  
60f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Regis de Castro Ferreira; Co-orientador: Prof. Dr. João Gaspar Farias.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2012.

Bibliografia.

Inclui lista de tabelas e figuras.

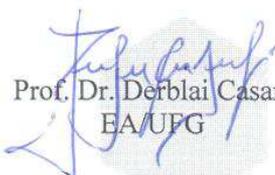
1. Pimentão – Plasticultura. 2. Pimentão – Cultivo – Radiação fotossinteticamente ativa. I. Título.

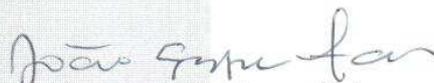
CDU: 633.842:691.17

# JULIANO QUEIROZ SANTANA ROSA

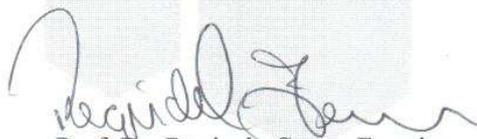
TÍTULO: “CULTIVOS DE PIMENTÕES SOB TELAS FOTOSSELETIVAS”.

Dissertação DEFENDIDA em 30 de maio de 2012, e APROVADA pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

  
Prof. Dr. Derblai Casaroli  
EA/UFG

  
Prof. Dr. João Gaspar Farias  
EA/UFG

  
Prof. Dr. Edilson Costa  
UEMS

  
Prof. Dr. Regis de Castro Ferreira  
Presidente/Orientador - UFG/EA

UFG

Goiânia - Goiás  
Brasil

A Deus, que sempre me sustentou com sua destra, com seu amor me guiou pelas veredas da justiça e refrigerou minha alma nos momentos difíceis.

À minha família, que me norteou, ajudou e motivou durante toda vida.

Aos professores, funcionários e colegas da EA-UFG que tanto me ajudaram por esses sete anos.

Aos verdadeiros amigos e os irmãos em Cristo, que por amor se juntaram a mim nessa longa trajetória.

Dedico.

“Não seas sábio aos teus próprios olhos;  
teme ao Senhor e aparta-te do mal. Isto será  
saúde para o teu âmagô, e medula para os  
teus ossos.”

Provérbios 3:7-8

## AGRADECIMENTOS

À minha família, pela referência em tudo que fiz na vida, sempre me apoiando e incentivando, em especial meus pais e irmão, pelo exemplo de esforço e dedicação.

À Universidade Federal de Goiás, instituição em que me formei e aperfeiçoei.

Ao prof. Dr. João Gaspar Farias, por me orientar e guiar nessa jornada de sete anos (graduação e mestrado). Se fosse detalhar ao que agradecer não caberia nestas páginas.

Ao prof. Dr. Regis de Castro Ferreira, por me aceitar e orientar no desenvolvimento do mestrado. Obrigado pela ajuda, sugestões, revisões, extremas paciência e cordialidade.

Aos professores da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, na figura do Professor Natan Fontoura Silva. Fundamental para a realização do experimento de campo.

Aos funcionários da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, na figura do “Doutor” Itamar Ângelo dos Santos, Técnico Agropecuário com mais experiência e sabedoria que já conheci. Fundamental para a realização do experimento de campo.

Aos amigos, colegas, estagiários: Tiago Rodrigues Tavares, Ricardo Bezerra, Rafael Poppi, Leonardo Witter e Vitor Alves. Sem eles, tudo seria apenas papel.

Ao meu querido “orientado” que tanto me orientou: Marcos Paulo Alves Balbino. Sem ele, com certeza, todos os meus cabelos estariam brancos e eu não teria chegado até aqui.

Ao grande amigo Max Well de Oliveira Rabelo, pelo apoio sempre constante, até mesmo nas madrugadas de estudo; meu querido irmão.

À minha companheira e futura esposa, pelo incentivo, paciência e carinho dispensado inclusive nas horas de cansaço e estresse.

A todas as pessoas que de alguma forma participaram deste trabalho.

Meu sincero reconhecimento.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	7
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	8
<b>RESUMO GERAL</b> .....	9
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	10
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	11
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1 A CULTURA DO PIMENTÃO .....	13
2.2 AMBIENTE PROTEGIDO .....	15
2.3 RADIAÇÃO SOLAR E O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS .....	17
<b>2.3.1 Fotossíntese e fotorreceptores</b> .....	17
<b>2.3.2 Qualidade da radiação (luz) e interações</b> .....	19
2.4 MANIPULAÇÃO DA RADIAÇÃO (LUZ) PELA INDÚSTRIA HORTÍCOLA .....	20
2.1 USO DE TELAS FOTOSSELETIVAS EM AMBIENTE PROTEGIDO ..	24
2.2 REFERÊNCIAS .....	25
<b>3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO: TELAS FOTOSSELETIVAS, SUBSTRATOS COMERCIAIS E FERTIRRIGAÇÃO</b> .....	28
3.1 INTRODUÇÃO .....	29
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
<b>3.3.1 Substrato, emergência e desenvolvimento inicial</b> .....	36
<b>3.3.2 Ambiente e desenvolvimento inicial</b> .....	39
3.4 CONCLUSÕES .....	42
3.5 REFERÊNCIAS .....	42
<b>4 EFEITO DE TELAS FOTOSSELETIVAS NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PIMENTÃO VERMELHO E AMARELO</b> .....	46
4.1 INTRODUÇÃO .....	47
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	48
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
4.4 CONCLUSÕES .....	57
4.5 REFERÊNCIAS .....	58
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	60

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise física dos substratos para produção de mudas de pimentão cv. Magali R .....	36
<b>Tabela 2.</b> Análise química dos substratos para produção de mudas de pimentão cv. Magali R .....	37
<b>Tabela 3.</b> Germinação e emergência de plantas de pimentão cv. Magali R em substratos comerciais .....	37
<b>Tabela 4.</b> Avaliações das mudas de pimentão cv. Magali R em substratos comerciais aos 38 dias após semeadura. ....	38
<b>Tabela 5.</b> Dados meteorológicos, para cada ambiente, no período experimental (18/05/2011 a 29/06/2011). Goiânia, Goiás, Brasil.....	40
<b>Tabela 6.</b> Avaliações das mudas de pimentão Magali R em substrato Vivatto Plus 43 dias após semeadura. ....	41
<b>Tabela 7.</b> Médias dos dados meteorológicos, para cada ambiente, no período experimental (19/06/2011 a 31/10/2011). Goiânia, Goiás, Brasil.....	54
<b>Tabela 8.</b> Médias das características vegetativas dos híbridos de pimentão cv. Margarita e cv. Eppo, cultivados em Goiânia, Goiás, Brasil.....	54
<b>Tabela 9.</b> Médias das características produtivas dos híbridos de pimentão cv. Margarita e cv. Eppo cultivados em Goiânia, Goiás, Brasil.....	54

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fotossíntese em diferentes comprimentos de onda (Taiz & Zeiger, 2004). .....	18
<b>Figura 2.</b> Distribuição espectral sob líquido corante vermelho, corante azul, luz solar e filtros de CuSO <sub>4</sub> (Rajapakse & Shahak, 2007). .....	22
<b>Figura 3.</b> Transmitância das telas fotosseletivas azul, vermelha e verde (Oren-Shamir et al., 2001). .....	23
<b>Figura 4.</b> Vista das bandejas e descarte das bordaduras. Mudanças de pimentão cv. Magali R. ....	34
<b>Figura 5.</b> Mudanças de pimentão cv. Magali R no Telado Azul. ....	34
<b>Figura 6.</b> Estação meteorológica e mudas no Telado Vermelho. ....	35
<b>Figura 7.</b> Área foliar das mudas de pimentão produzidas no substrato Tri-mix®, à esquerda sem e a direita com fertirrigação. ....	38
<b>Figura 8.</b> Desenvolvimento das mudas de pimentão cv. Magali R nos substratos comerciais Bioplant®; Vivatto Plus®, Trimix® e Golden Mix 80® (2 mudas de cada substrato, da esquerda para direita). ....	39
<b>Figura 9.</b> Vista geral dos telados fotosseletivos vermelho e azul. ....	49
<b>Figura 10.</b> Telado vermelho e detalhe do sistema de tutoramento em fileira dupla. ....	50
<b>Figura 11.</b> Sistema de aquisição automática dos dados meteorológicos a Céu aberto. ....	50
<b>Figura 12.</b> Regressões da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) x Radiação Global (RG) em cada ambiente. CA – Céu aberto; TV – Telado vermelho; TA – Telado Azul. ....	53
<b>Figura 13.</b> Eficiência do uso da RFA nos três ambientes. (1: Telado vermelho; 2: Telado Azul; 3: Céu aberto.) .....	55

## RESUMO GERAL

SANTANA, J. Q. **Cultivos de pimentões sob telas fotosseletivas**. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água)–Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.<sup>1</sup>

O pimentão é uma das dez hortaliças mais importantes no Brasil. A produção é difundida principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. O pimentão apresenta maiores produtividades em cultivo protegido. Entre as tecnologias disponíveis se encontram as telas de sombreamento fotosseletivas, que atenuam a radiação solar e propiciam a transmissão de espectros da radiação solar incidente de melhor qualidade. Existem poucas pesquisas sobre o tema em Goiás. Diante disso, o estudo teve dois objetivos, estudados em dois experimentos, conduzidos em Goiânia, Goiás, Brasil (16°35'73"S, 49°16'54"O, 716 m): 1) Avaliar a produção de mudas de pimentão sob telados de malhas fotosseletivas vermelha e azul, telado de malha termorrefletora e estufa tipo arco; 2) Avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produção de duas cultivares de pimentão (amarelo e vermelho), cultivados em telados de malhas fotosseletivas vermelha e azul e ambiente a céu aberto. No primeiro foi realizada a semeadura em bandejas de 128 células preenchidas com substrato comercial, em esquema inteiramente casualizado, com 16 parcelas por tratamento e 12 mudas por parcela. Além disso, obtiveram-se registros contínuos de radiação solar global (RG), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura e umidade relativa do ar. Os resultados mostraram que, no período do ano estudado (maio a junho), a temperatura influenciou mais o desenvolvimento das mudas do que as alterações na RG e RFA. Concluiu-se que a produção em estufa coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD) promove mudas de melhor qualidade do que as produzidas em telados com malhas fotosseletivas vermelha e azul ou termorrefletoras, com 40% de sombreamento. No segundo experimento cultivaram-se os híbridos Eppo (amarelo) e Margarita (vermelho). Foram utilizados telados de 16 m x 12 m x 2,2 m (comprimento x largura x altura) e com malhas de 40% de sombreamento, e, como testemunhas, canteiros a céu aberto. Plantou-se 140 mudas de cada cultivar por ambiente, constituindo 6 populações independentes. Foram medidos o diâmetro e comprimento do caule, número de folhas, área foliar e massa das folhas. Aos 120 dias após o transplantio determinou-se o número, a massa, o comprimento e o diâmetro dos frutos, e o número de frutos perdidos pela requeima. Os resultados mostraram que as malhas fotosseletivas azul e vermelha promoveram maior crescimento do caule e menor número de folhas e frutos. Não houve diferença estatística para área foliar, demonstrando que há compensação entre o número de folhas e dimensão da folha. A produção total de frutos por planta ocorreu de forma decrescente, de céu aberto para telado vermelho e telado azul. Contudo, constatou-se que em céu aberto a perda por requeima do sol chegou a 35%, enquanto os telados apresentaram perdas inferiores a 6%, dessa forma, a produção de frutos comercializáveis por planta foi superior sob o telado vermelho, seguido por céu aberto e com menor produção sob o telado azul. Concluiu-se que, para produção dos pimentões avaliados, nas condições climáticas do local, o uso da tela fotosseletiva vermelha com 40% de sombreamento promove maior crescimento da planta e pequeno aumento (4%) na produção de frutos comercializáveis.

*Palavras-chave:* plasticultura, radiação fotossinteticamente ativa, substrato.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. Regis de Castro Ferreira. EA-UFG.

## GENERAL ABSTRACT

SANTANA, J. Q. **Sweetpeppers growths under photoselective screens**. 2012. 60 f. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Water)–Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.<sup>1</sup>

Sweet pepper is among the ten most important vegetable crops in Brazil, the production concentrating in the Southeast and Central-West regions, where Goiás State is the largest producer. Sweet pepper is traditionally cultivated at open field, but protected cultivation allows for increasing productivity as well as out of season production. Among the technologies available for shading are the photoselective screens, which attenuate the solar radiation by way of transmitting better quality incident solar radiation spectra for the photosynthesis process. Limited research has been developed on this subject in the Goiás State. A study was proposed, carried out at Goiânia, Goiás State, Brazil (16°35'73"S, 49°16'54"W, 716m), under two objectives: 1) Evaluation of sweet peppers seedling production under red and blue photoselective screens, a thermo-reflective screen, and a tunnel plastic greenhouse; 2) Evaluation of the vegetative development and yield of two sweet pepper cultivars (yellow and red), grown under blue and red photoselective screenhouses, and at open field. In the first experiment sowing was made in 128-cell trays filled with commercial growing media, in completely randomized design, with 16 plots per treatment and 12 seedlings per plot. All data variance were analyzed and compared by the Scott-Knott test at 5% significance. Solar global radiation (GR), photosynthetically active radiation (PAR), temperature, and air relative humidity were continuously registered. Data show that in May and June temperature has greater influence in seedling development than GR and PAR. The conclusion of the study is that better quality seedlings are obtained in greenhouses covered with low density polyethylene as compared to those grown under 40% shading blue or red photoselective or thermoreflective screens. In the second experiment the Eppo (yellow) and Margarita (red) hybrids were grown in 16m x 12m x 2,2m 40% shading screenhouses. The control treatment was open sky beds. For each cultivar 140 seedlings were planted per environment, making up six independent populations. Stalk diameter and length and leaves number, area, and mass were measured. At 120 days from transplanting fruit number, mass, length, and diameter were measured, as well as the number of fruits lost by sun scald. Data show that photoselective red and blue screens increased stalk growth and decreased the number of leaves and fruits. No statistical differences were observed for leaf area, showing that there is compensation between leaf number and area. Total fruit production per plant decreased from open sky to red screen to blue screen. However, fruit losses by sun scald reached 35% at open sky and 6% under screens. Commercial fruit production per plant was higher under red screen, followed by open sky and blue screen. The conclusion is that, for the red and yellow sweetpeppers and environments studied, 40% shading red screen results in better plant growth and a small (4%) increase in commercial fruit production as compared to blue screen and open sky.

*Key words:* plasticulture, photosynthetically active radiation, growing media.

---

<sup>1</sup> Adviser: Dr. Regis de Castro Ferreira. EA-UFG.

## **INTRODUÇÃO GERAL**

O pimentão é uma hortaliça muito popular no Brasil e no exterior, por ser ingrediente fundamental de vários pratos, molhos, ensopados, assados e saladas. O pimentão é uma das dez hortaliças mais importantes no Brasil, com uma área cultivada anual estimada em 12.000 ha. A produção é difundida principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. No Centro-Oeste, o maior produtor é o Estado de Goiás, tendo comercializado 3.779,31 toneladas em 2010, sendo 91,41% produzidos no próprio Estado, onde os municípios de Anápolis, Nerópolis, Leopoldo de Bulhões, Goiânia e Petrolina são os principais produtores.

O pimentão é geralmente cultivado em campo aberto, mas apresenta maiores produtividades em cultivo protegido devido às modificações nas condições ambientais. A planta desenvolve e produz melhor sob temperaturas relativamente elevadas ou amenas, sendo intolerante às baixas temperaturas e à geada. Tal característica exige, em muitos casos, o uso de estufas ou casas de vegetação, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

O uso do ambiente protegido na horticultura permite que os fatores fisiológicos tais como fotossíntese, evapotranspiração, respiração, absorção de água e elementos minerais e seu transporte sejam melhor explorados. O que promove aumento da precocidade, produtividade e permite a produção fora de época.

Além do uso de estufas existem outras tecnologias à disposição do produtor. Entre essas se encontram as malhas de sombreamento, as quais podem ser utilizadas isoladamente ou em associação com estruturas cobertas, como as estufas agrícolas. Essas telas, geralmente produzem uma condição mais apropriada à cultura, reduzindo, principalmente, os efeitos da alta incidência da radiação solar e aumentando a produtividade. Diversos trabalhos tem mostrado que o uso de sombreamento artificial através de ripados ou telas plásticas causa uma modificação no balanço de energia radiante, propiciando características mais adequadas às espécies de baixo ponto de saturação luminosa.

Mais recentemente, também vem sendo utilizado no país telas fotosselativas como as de transmissão nas faixas do azul, vermelho e vermelho distante. Estas telas fotosselativas, além de atenuarem a radiação solar e luminosidade em regiões de alta intensidade energética, propiciam também a transmissão de espectros da radiação solar incidente de melhor qualidade sob o ponto de vista do processo fotossintético. As telas fotosselativas também podem atenuar os efeitos da redução da radiação fotossinteticamente ativa ocasionados pelo sombreamento.

A melhor qualidade da radiação solar incidente sob telas fotosselativas pode favorecer o processo fotossintético, resultando no maior desenvolvimento das plantas e, ou, no encurtamento de seu ciclo. Isto é de fundamental importância para os agricultores, pois pode reduzir os custos de produção e aumentar o valor agregado do produto, propiciando maiores lucros.

Ainda existem poucas pesquisas, de instituições públicas, sobre o impacto do uso de telas plásticas fotosselativas nas condições brasileiras. A cultura do pimentão é juntamente com a do tomate, morango e pepino, uma das culturas que mais se desenvolveram em ambiente protegido, seja em estufas como na região Sul e Sudeste, ou em telados como no Planalto Central do Brasil. Trabalhos em condições de clima semi árido obtiveram melhores produtividades de pimentão utilizando telas fotosselativas de malha vermelha e amarela. Resultados semelhantes foram encontrados por pesquisadores brasileiros, com outras culturas nas regiões Sul e Sudeste, contudo nenhum trabalho foi realizado na região de Goiânia, Goiás.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivos:

- i. Avaliar a produção de mudas de pimentão sob telado de malha fotosselativa vermelha, telado de malha fotosselativa azul, telado de malha termorrefletora e estufa tipo arco.
- ii. Avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produção de duas cultivares de pimentão (amarelo e vermelho), cultivados em telado de malha fotosselativa vermelha, telado de malha fotosselativa azul e ambiente a céu aberto.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 A CULTURA DO PIMENTÃO

O pimentão é um condimento originário da América central e da região dos Andes (América do Sul), que chegou ao Brasil trazido pelos portugueses e espanhóis no século XVI, sendo considerado um dos primeiros temperos utilizados para dar cor, aroma e sabor aos alimentos, além de deixar carne e cereais mais atraentes, e ainda ajudava a conservar e proteger os alimentos da ação de fungos e bactérias. Nos dias atuais, o Brasil é um dos países que possui a maior variabilidade para esta espécie (Heiden et al., 2007).

Conforme Reifschneider (2000), o pimentão também é uma excelente fonte de vitamina C, apresentando média de 334 mg/100 g de parte comestível nos pimentões vermelho e amarelo e 192 mg/100 g no pimentão verde, enquanto a laranja-pêra, por exemplo, que apresenta 41 mg/100 g de parte comestível. Tais dados demonstram que além da função culinária o pimentão apresenta benefícios nutricionais importantes.

Botanicamente, o pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum*) é uma planta da família das Solanáceas e do gênero *Capsicum annuum*, que ocorre de forma silvestre desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (Filgueira, 2000). Também é conhecido em vários lugares por pimenta doce, por não possuir pungência (valor zero na escala de Scoville). Sua descrição morfológica é de subarbusto ramificado anual ou bienal; com caule lenhoso com ramos eretos, angulosos e pubescentes; folhas simples, inteiras, ovalocuminadas, glabras, de coloração verde escura, e de tamanho variado; flores simples, pequenas e numerosas, com pétalas brancas, aparecendo na inserção dos ramos; fruto tipo baga de forma, tamanho e cor variáveis (Sonnenberg & Silva, 2004).

Quanto à ecofisiologia da produção, o pimentão se desenvolve e produz melhor sob temperaturas relativamente elevadas ou amenas, sendo intolerante à baixas temperaturas e à geada. Segundo Doorenbos & Kassam (1994), o pimentão desenvolve satisfatoriamente em climas com temperaturas diurnas entre 18° e 27°C e noturnas entre 15° e 18°C, sendo que as temperaturas noturnas inferiores provocam maior ramificação e

floração enquanto que as altas induzem à floração precoce, sendo este efeito mais pronunciado quando a intensidade de luz aumenta. As baixas temperaturas são limitantes, principalmente, durante a germinação, emergência e desenvolvimento das mudas, as quais devem ser produzidas sob estufa.

Segundo Henz et al. (2007), o desenvolvimento, o florescimento e a frutificação das plantas de pimentão são influenciados pela temperatura. As principais cultivares são de origem tropical e não toleram frio e geadas, desenvolvendo-se melhor em temperaturas mais altas. Assim, em regiões de clima temperado, o cultivo é feito na época em que não há riscos de ocorrência de geadas ou em cultivo protegido, com aquecimento.

Segundo Filgueira (2000), o pimentão é uma planta de dias curtos facultativa, pois floresce e frutifica em qualquer comprimento de dia, porém, o florescimento, a frutificação e a maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos, favorecendo a produtividade. Bons rendimentos com a cultura do pimentão são obtidos em condições de precipitação de 600 mm a 1200 mm bem distribuídos durante o período de crescimento. Precipitações intensas durante a floração provocam queda de flores e o mau estabelecimento dos frutos. Além disso, solos com pH em água entre 5,5 e 6,8 com textura média e boa drenagem oferecem condições ótimas ao desenvolvimento da planta.

Do ponto de vista comercial, o pimentão é uma das dez hortaliças mais importantes no Brasil, com uma área cultivada anual estimada em 12.000 ha (Henz et al., 2007). A produção é difundida principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (Blat-Marchizeli et al., 2003). No Centro-Oeste, o maior produtor é o Estado de Goiás, tendo comercializado 3.779,31 toneladas em 2010, sendo 91,41% produzidos no próprio estado, onde os municípios de Anápolis, Nerópolis, Leopoldo de Bulhões, Goiânia e Petrolina são os principais produtores (Ceasa, 2010).

Na Região Centro-Oeste o pimentão é geralmente cultivado em campo aberto, contudo, nos últimos Dez anos vem crescendo o uso de telados e estufas agrícolas na produção de hortaliças e frutas de maior valor comercial, devido a ganhos na produtividade e qualidade, sobretudo na estação chuvosa (Henz et al., 2007). A fase de produção de mudas, por sua vez, sempre é feita com algum tipo de proteção, seja estufa, telado ou mesmo ripados rústicos, devido a sensibilidade das plantas nesse estágio.

No cultivo protegido, a planta do pimentão possui um vigoroso desenvolvimento podendo chegar a dois metros de altura, necessitando de um eficiente sistema de tutoramento para evitar perdas por quebra das hastes ou tombamento (Marchi &

Pereira, 2000). Segundo Henz et al. (2007), a produtividade do pimentão verde a céu aberto é de 25 a 40 toneladas por hectare, enquanto, no ambiente protegido pode chegar a 180 toneladas por hectare.

O pimentão pode ser plantado, tanto em estufas em regiões de baixas temperaturas e alta precipitação, quanto em telados em regiões de temperaturas mais elevadas e ao menos um período seco. Na região do Distrito Federal, recentemente tem sido empregado o uso de telados, utilizados prioritariamente no período seco para amenizar um dos principais problemas do pimentão, a queima de folhas e frutos, causada pelo excesso de radiação solar e ventos secos, comuns neste período. A proteção, neste caso, é para o sol excessivo, mas também reduz o impacto das chuvas sobre as plantas no período chuvoso.

Filgueira (2000) destaca que, na época, os cultivares mais recomendados eram os híbridos Magali e Martha, ambos resistentes ao mosaico Y, sendo o segundo tolerante também à podridão do colo causado pelo fungo *Phytophthora capsici*. Henz et al. (2007) apresentam uma extensa lista de opções de variados formatos, tamanhos, cores e ciclos. A escolha do cultivar deve ser realizada pelo técnico ou produtor, avaliando as suas condições de produção, histórico de patógenos e, sobretudo, o mercado consumidor.

## 1.2 AMBIENTE PROTEGIDO

A expressão “cultivo protegido”, “sistema protegido” ou até mesmo plasticultura tem sido utilizada, na literatura internacional, com um significado bastante amplo. Segundo Rodrigues (2002), o termo cultivo protegido engloba um conjunto de práticas e tecnologias utilizadas pelos produtores para um cultivo mais seguro e protegido de hortaliças, frutíferas ou ornamentais. Segundo este mesmo autor, o simples uso de *mulching*, por exemplo, já caracteriza um cultivo protegido.

Esse sistema de cultivo é amplamente consolidado em países como a Espanha, Itália, Holanda, França, Japão e Estados Unidos (Sentelhas & Santos, 1995). No Brasil, a introdução dos sistemas protegidos ocorreu na década de 1970 com a instalação dos projetos pioneiros de cultivo de tomate em ambiente protegido (Martins et al., 1999).

Segundo Galvani (2001), ao considerar a localização geográfica do Brasil, o uso de ambientes protegidos cobertos com filmes ou telas plásticas, apresenta uma dupla função. Nas regiões Sul e Sudeste, atuando como regulador da temperatura, diminuindo o

efeito causado por baixas temperaturas em algumas culturas, propiciando a produção no período denominado de entressafra, o que permite maior regularização da oferta e da qualidade dos produtos. Para as demais regiões do Brasil esses ambientes propiciam maior controle da quantidade de água sobre a cultura, protegendo de chuvas de intensidade elevada, granizo, excesso de radiação solar direta e estresse provocado pela ação direta dos ventos (Sentelhas & Santos, 1995).

Para Calvete & Tessaro (2008), o sucesso do uso desses ambientes ocorre, principalmente, devido ao aumento da produtividade. Embora possa apresentar as desvantagens de alto custo para implantação, aumento da concentração de sais no solo, muitas vezes, aumento da poluição, causada pelos plásticos não biodegradáveis.

Na região Centro-Oeste do Brasil, muitas vezes, as estufas agrícolas e as casas de vegetação tem se mostrado estruturas caras podendo ser desnecessárias para a realidade do produtor, apresentando sérias limitações pelas altas temperaturas e excesso de calor acumulado no interior do ambiente (Henz et al., 2007). Como alternativa para proteger a cultura do excesso da radiação solar e vento, tem-se utilizado telados ou telas refletoras sobre o filme de polietileno das estufas, prática também muito utilizada em Israel, conforme descrito por Shahak et al. (2004a).

Além disso, o mercado tem lançado diversos modelos de telas coloridas em substituição às de sombreamento de cor preta, cujo objetivo principal é proteger as plantas da radiação solar direta. As telas coloridas, também conhecidas como telas fotosseletivas, são fabricadas em polietileno de baixa densidade (PEBD) e em várias colorações (azul, vermelho, amarelo, cinza). É sabido que os diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético da radiação solar promovem diferentes efeitos sobre o desenvolvimento dos vegetais (Li, 2006; Whitelam & Halliday, 2007).

No entanto, para maior eficiência do uso do cultivo protegido é necessário compreender a inter-relação da planta e dos fatores microclimáticos dentro do ambiente protegido. Os fatores para o desenvolvimento e crescimento da planta que dizem respeito aos fisiológicos são a transpiração, respiração e fotossíntese; e aos físicos são a luz, temperatura, umidade e CO<sub>2</sub> (Taiz & Zeiger, 2004).

O ambiente protegido tem os elementos micrometeorológicos modificados no seu interior, principalmente, no que diz respeito à radiação solar, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento (Calvete et al., 2005). Estas modificações ambientais causadas pelo ambiente protegido devem-se aos filmes ou malhas de cobertura que alteram

o balanço de radiação do sistema composto pela planta, solo e atmosfera.

### 1.3 RADIAÇÃO SOLAR E O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

#### **Fotossíntese e fotorreceptores**

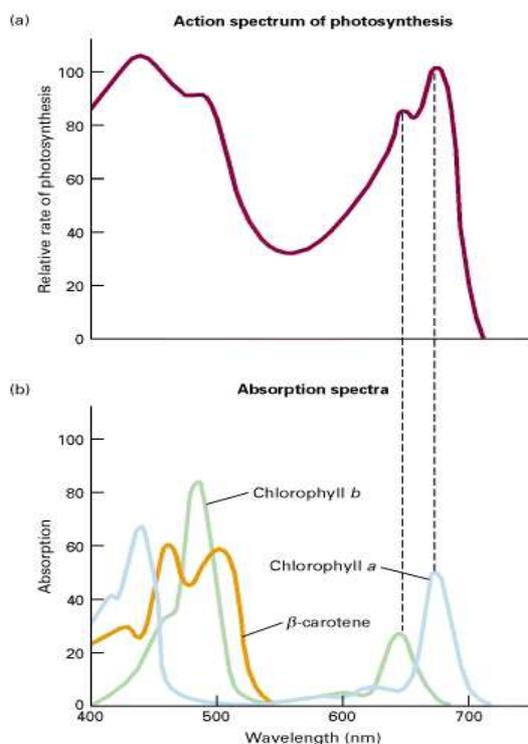
Toda vida na Terra é mantida por um fluxo de energia proveniente do sol e que passa pela biosfera. Por meio do processo fotossintético, a energia radiante é fixada em energia química potencial, utilizada por todos os componentes da cadeia alimentar para realizar os processos vitais. A radiação solar é também a fonte primária de energia para a reposição da matéria orgânica consumida na cadeia alimentar e condiciona, regulando o balanço hídrico e o balanço de energia na Terra, um cenário favorável para a vida dos organismos.

A radiação solar não é para a planta somente uma fonte de energia (efeito fotoenergético), mas também um estímulo governando o condicionamento do desenvolvimento (efeito fotocibernético) e às vezes funciona como um fator estressante (efeito fotodestrutivo). Todos esses efeitos da radiação ocorrem por meio da absorção dos quanta de luz, a qual é mediada por um fotorreceptor altamente específico (Larcher, 2000).

Segundo Taiz & Zeiger (2004), as plantas tem sistemas de pigmentos especiais que podem captar a energia radiante em diferentes regiões do espectro eletromagnético (Figura 1). Por exemplo, radiação fotossinteticamente ativa (400 nm a 700 nm), capturada por pigmentos de clorofila, fornece a energia para a fotossíntese, processo pelo qual as plantas combinam o dióxido de carbono e água para produzir carboidratos e oxigênio. O carbono assimilado durante a fotossíntese fornece a energia para sustentar a vida na Terra.

As plantas possuem fotorreceptores que funcionam como transdutores de sinal para proporcionar informações que controlam as respostas fisiológicas e morfológicas. Através desses pigmentos, as plantas têm a habilidade de perceber mudanças sutis na composição de luz para dar início a mudanças fisiológicas e morfológicas. Este processo em que a luz promove alterações morfológicas nas plantas independente da fotossíntese é conhecida como fotomorfogênese (Taiz & Zeiger, 2004). Franklin & Whitelan (2007) descrevem que na fotomorfogênese os fótons de regiões específicas do espectro são percebidos pelos fotorreceptores. Os receptores fotomorfogênicos conhecidos incluem

fitocromo (o sensor de luz vermelha e vermelho-distante que tem picos de absorção em regiões vermelho e vermelho-extremo do espectro, respectivamente) e "criptocromo" (o sensor de luz nos comprimentos da UV-B e azul).



**Figura 1.** Fotossíntese em diferentes comprimentos de onda (Taiz & Zeiger, 2004).

Franklin & Whitelan (2007) fazem uma rica descrição da fotorregulação. Para estes autores o fitocromo é o pigmento sensorial que controla a fotomorfogênese mais intensivamente estudado. O Fitocromo é capaz de detectar comprimentos de onda de 300 nm a 800 nm, com a máxima sensibilidade em vermelho (R, 600 nm a 700 nm com pico de absorção a 660 nm) e comprimentos de onda vermelho-distante (FR, 700 nm a 800 nm com pico de absorção a 730 nm) do espectro eletromagnético. Este sistema de pigmento consiste em duas formas intercambiáveis: a forma "PR" que absorve a radiação no comprimento do vermelho próximo e sobre a absorção é transformado na forma "PFR" que, por sua vez, absorve radiação no comprimento do vermelho distante e é transformado na forma "PR". Das duas formas, a forma "PFR" é assumida como sendo a forma ativa, que controla a transdução de sinal e de resposta das plantas. Por isso, o PFR é a forma utilizada no cálculo do fotoequilíbrio ( $Q = PFR/P_{total}$ ).

Rajapakse et al. (1998) e Franklin & Whitelan (2007) descrevem que em ensaios *in vitro* para estimativa do fotoequilíbrio (Q), comumente é utilizada a razão entre

R/FR para descrever quantitativamente as respostas mediadas por fitocromo, como por exemplo, o alongamento do colmo. Em geral, o fotoequilíbrio (Q) depende em grande medida da absorção de comprimentos de onda vermelhos e vermelho distante pela planta e diminui com a diminuição da razão R/FR. Existe uma relação hiperbólica entre a razão de R/FR e o Q indicando que uma pequena mudança na razão R/FR pode resultar em uma grande alteração no Q do ambiente natural. A taxa de alongamento do caule e da altura de uma gama de plantas herbáceas tem se mostrado inversamente proporcional ao Q. Por conseguinte, através da manipulação da luz vermelha e vermelho distante na estufa para estabelecer um Q elevado, altura de culturas em estufa pode ser controlada sem aplicações de produtos químicos.

Rajapakse & Shahak (2007) citam em sua revisão, extensa lista de trabalhos demonstrando relação entre o comprimento de onda da luz e modificações nos vegetais, segundo estes autores desde a descoberta do papel do fitocromo na germinação de sementes em 1930, foram identificadas numerosas respostas que são reguladas por fitocromos. As principais destacadas são:

- i. A luz vermelha tem mostrado efeito para inibir alongamento dos entrenós, promover ramificações laterais, induzir perfilhamento, impedir a queda das folhas, retardar a iniciação floral, aumentar a clorofila e aumentar pigmentos carotenóides.
- ii. A luz azul tem mostrado efeito para inibição da hipocótilo, comportamento do fototropismo estomático, movimento do cloroplasto. Além disso, já descobriu-se que a luz azul induz a esporulação de *Trichoderma viride* e *Verticillium agaricinum* e inibe a esporulação de *Alternaria cichorii* e *Botrytis cinerea*.

## **Qualidade da radiação (luz) e interações**

Segundo Taiz & Zeiger (2004), as giberelinas (ácido giberélico) são um grupo de hormônios de crescimento das plantas envolvido numa ampla gama de processos como a germinação, divisão celular, o alongamento das células, floração e frutificação. As giberelinas endógenas desempenham um papel importante no controle do alongamento da haste e do comprimento de entrenós. De acordo com Cerny et al. (2005), os retardadores de crescimento químicos reduzem a altura da planta por suprimir a produção de giberelinas naturais. Estes autores também observaram o mesmo comportamento hormonal e

morfológico em plantas cultivadas sob coberturas com filtro líquido de radiação de  $\text{CuSO}_4$ . Portanto, é possível que a biossíntese de giberelina ou a sua ação possa ser suprimida pelo uso de determinados filtros espectrais.

O alongamento da haste em resposta às alterações na qualidade da luz pode ser mediada por alterações no nível ou na sensibilidade à giberelina. Em experimento utilizando giberelinas sintéticas e filmes espectrais, Tatineni et al. (2000) verificaram que uma dose  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de GA3 (Pro-Gibb) em plantas de crisântemo cultivadas sob filtros espectrais de  $\text{CuSO}_4$  foi suficiente para reverter a redução da altura de plantas causada pelos filtros  $\text{CuSO}_4$ .

Maki et al. (2002) afirmam que, geralmente, o nível de giberelinas nas regiões apicais é elevado em plantas tratadas com luz no vermelho distante (FR). Estes autores verificaram em experimento realizado com crisântemo, que a exposição das plantas à luz vermelho distante (FR) ao fim do dia reverteu a redução da altura da planta e comprimento do internódio causados pelos filtros de  $\text{CuSO}_4$ . Também observaram que, a exposição à luz vermelha (R) no fim do dia, reduziu a altura e o comprimento de entrenós das plantas de crisântemo cultivadas em estufa com filtros controle, mas não teve efeito no âmbito das plantas cultivadas sob filtros de  $\text{CuSO}_4$ .

Dessa forma, ao examinar as publicações citadas anteriormente, que são fruto do “Programa de pesquisa em fotomorfogênese” da Clemson University, Carolina do Sul, EUA, observa-se que o comportamento de redução dos entre nós e da altura das plantas cultivadas sob filmes fotosseletivos podem, muitas vezes, ser explicados pela supressão de giberelinas no ápice caulinar.

#### 1.4 MANIPULAÇÃO DA RADIAÇÃO (LUZ) PELA INDÚSTRIA HORTÍCOLA

Segundo Rajapakse & Shahak (2007), a primeira manipulação na luz realizada pela indústria foi no fotoperíodo, pois várias respostas das plantas, tais como germinação, floração, desenvolvimento e hábitos de crescimento, são regulados pelo fotoperíodo (especificamente pelo período de escuridão) e estão sob controle do fitocromo. O encurtamento artificial do fotoperíodo com uso de coberturas de materiais opacos, como plástico preto durante fotoperíodos longos (verão) tem sido utilizado comercialmente há muitos anos para plantas como crisântemo, kalanchoe e amendoim. Para outras espécies,

dependendo do período do ano, já é necessário o aumento do fotoperíodo, quando se faz necessária a iluminação artificial.

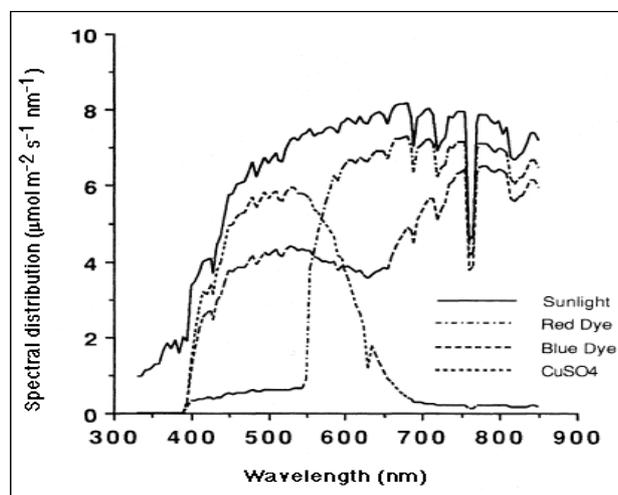
Para Rajapakse et al. (1998), a manipulação da qualidade de luz no ambiente protegido pode ser conseguida através do uso de sistemas complementares de iluminação elétrica ou por filtros espectrais que podem alterar o equilíbrio da luz vermelha e vermelho distante da luz solar. As lâmpadas incandescentes, que apresentam baixa razão R/FR, são usadas frequentemente para promover o alongamento, enquanto fontes fluorescentes, que apresentam alta razão R/FR, produzem plantas curtas e compactas. Por sua vez, os filtros de radiação (líquidos ou rígidos) passaram a serem utilizados a partir da década de 1970 para melhorar a produtividade das culturas e reduzir a temperatura no interior das estufas.

Rajapakse & Shahak (2007) descrevem que nas décadas de 1970 e 1980 cientistas franceses começaram a estudar o uso de corantes líquidos no espaço “oco” das coberturas de vidro e acrílico de parede dupla. Estes filtros líquidos foram amplamente estudados por filtrarem a radiação infravermelha (calor) da radiação solar, arrefecendo, assim, as estufas. Observou-se na época que os filtros líquidos de radiação poderiam reduzir os requisitos de energia em 20% a 40%, praticamente eliminando a necessidade de ventilação forçada nas estufas.

Segundo Rajapakse & Shahak (2007), em 1980 na Noruega e nos EUA, foram testados a capacidade de vários filtros de corante aquosos [vermelho, verde, amarelo, azul, e sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )] para remover seletivamente o comprimento do vermelho distante, estimulador do alongamento e reduzir a altura das plantas. Dos diferentes filtros líquidos testados, apenas os filtros de  $\text{CuSO}_4$  foram eficazes na remoção do efeito de alongamento causado pelo comprimento de onda vermelho distante (Figura 2). Os filtros líquidos  $\text{CuSO}_4$  reduziram ambos os comprimentos de onda vermelhos e vermelho-distante, mas a redução do vermelho-distante foi maior do que a redução de comprimentos de onda vermelhos, assim, resultando em uma elevada razão vermelho R/FR vermelho distante, dessa forma elevando o fotoequilíbrio (Q).

Relatórios da Noruega citados por Rajapakse & Shahak (2007) indicaram que os filtros líquidos  $\text{CuSO}_4$  reduziram a altura das plantas e comprimento dos entrenós de crisântemo, tomate e alface. Filtros verde e amarelo aumentaram a altura das plantas dessas culturas em relação à luz natural. Em crisântemo e tomate, brotos laterais foram estimulados pelo filtros  $\text{CuSO}_4$ , mas inibidos por filtros verde e amarelo. Poinsettia e duas cultivares de crisântemo, 'Spears' e 'Yellow Mandalay', cultivadas sob filtros de  $\text{CuSO}_4$

apresentaram redução na altura do caule e comprimento de entrenós em relação as plantas cultivadas sob luz natural ou filtros de água.



**Figura 2.** Distribuição espectral sob líquido corante vermelho, corante azul, luz solar e filtros de  $\text{CuSO}_4$  (Rajapakse & Shahak, 2007).

Com a evolução da indústria de plasticultura, sobretudo quanto à qualidade e durabilidade dos materiais de cobertura, as placas de acrílico ou vidro foram substituídas por materiais mais baratos como o polietileno de baixa densidade (PEBD). Foram desenvolvidos vários aditivos para PEBD como anti UV para aumentar a resistência do material, difusores para aumentar a radiação difusa e compensar o efeito de sombreamento das coberturas, além de filmes fotosselativos (coloridos) com intuito de manipular a radiação dentro do ambiente protegido. Por sua vez, em regiões de clima árido ou semi-árido como Isarel, desenvolveu-se o uso de telados com a função proteger a cultura do excesso de vento, radiação solar direta, ataque de passáros e insetos.

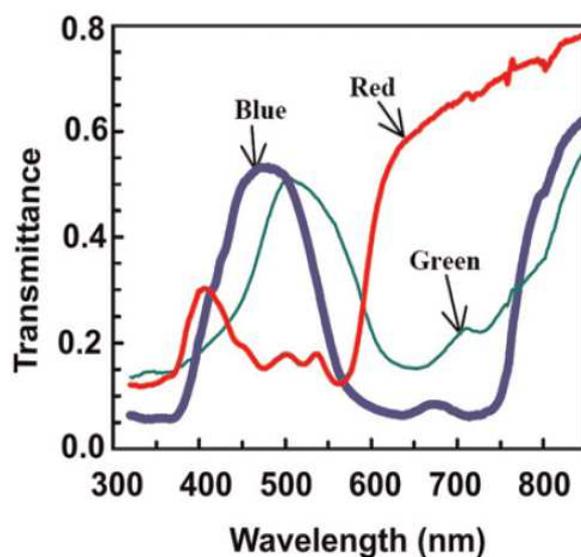
Inicialmente foram desenvolvidas as telas (ou malhas ou redes) negras para sombreamento, que ainda são as mais comumente utilizadas, em seguida desenvolveram-se as redes claras e transparentes que são utilizadas para proteção de pragas. Já no início do século XXI, Cientistas israelenses do Centro Volcani, em colaboração com a Indústria Polysack Plásticos, desenvolveram malhas coloridas ('ColorNets') que podem alterar tanto a qualidade e a quantidade da radiação interceptada pelas plantas (Shahak et al., 2004a).

Segundo Rajapakse & Shahak (2007), a abordagem das telas fotosselativas visa manipular a qualidade da radiação de modo mais amplo, incluindo a dispersão da radiação solar, seleção de comprimentos de ondas desejados e reflexão da radiação térmica. Uma série de telas fotosselativas tem sido desenvolvida para utilização no exterior do ambiente

protegido, com diferentes pigmentos (azul, verde, amarelo, vermelho, prata).

Outro fator importante no uso das telas é que uma porção da radiação passa pelo material sem sofrer alteração, haja vista que, as telas apresentam furos. Dessa forma, proporcionam misturas de radiação natural, não modificada, com a radiação difusa emitida pelos fios fotosselativos (espectralmente modificada). O design do “tricô”, a densidade do material e os tipos de aditivos dispersivos cromáticos é que determinam o teor relativo de radiação modificada e não modificada, bem como o fator de sombreamento; que por sua vez, podem ser definidos para cada cultura (Rajapakse & Shahak, 2007).

Oren-Shamir et al. (2001) destacam que além de uma simples mudança de “cor” da tela, como muitos leigos pensam, as variadas telas fotosselativas, bem como sua pigmentação implicam em diferentes alterações no comprimento de onda da radiação dentro do ambiente protegido, sobretudo, quanto a razão R/FR. Por exemplo, ao observar a transmitância da tela fotosselativa vermelha (Figura 3) verifica-se que além de transmitir na faixa do vermelho como esperado, ela apresenta menor transmitância no vermelho próximo (R) e maior no vermelho distante (FR), dessa forma, promove menor relação R/FR. Tal característica geralmente provoca alongação de entre nós e comprimento do caule. A tela azul, por sua vez, apresenta mesmos níveis de transmitância no vermelho próximo e vermelho distante, aumentando a relação R/FR, que geralmente provoca nanismo na plantas.



**Figura 3.** Transmitância das telas fotosselativas azul, vermelha e verde (Oren-Shamir et al., 2001).

## 1.1 USO DE TELAS FOTOSSELETIVAS EM AMBIENTE PROTEGIDO

Segundo Rajapakse & Shahak (2007), as telas fotosselativas foram inicialmente testadas em plantas ornamentais, comparando o desenvolvimento das plantas sob estas telas e as telas negras comuns. Em vários experimentos, verificou-se que as telas fotosselativas vermelhas e amarelas estimulavam a taxa de crescimento vegetativo e vigor, enquanto as telas azuis causaram nanismo em *Pittosporum variegatum* e *Philodendron monstera*, bem como em flores cortadas sazonais (*Lisianthus*, *Trachelium*, girassol e tremoço). As telas de coloração cinza, que absorve infravermelho próximo e radiação infravermelha, melhoraram a ramificação e reduziram a folhas de *Buchos sempervirens* e *P. variegatum*.

Para Rajapakse & Shahak (2007), os efeitos das telas azul, amarela e vermelha são os mesmos descritos por Kasperbauer (1971), Rajapakse et al. (1999) e Kim et al. (2004) para filmes e iluminação artificial. Por outro lado, a supressão de dominância apical e de variegação pela tela cinza é um fenômeno novo, que não pode ser atribuído aos mecanismos de fotomorfogênese conhecidos, e necessita de mais estudos.

Em árvores frutíferas os resultados obtidos em Israel até agora sugerem que o uso de 30% ou menos de sombreamento pode melhorar a produção. Shahak et al. (2004a) e Shahak et al. (2004b) também relatam efeitos sobre o tempo de maturação, tamanho do fruto, cor do fruto. Em vinhedos de uva de mesa cobertos por telas fotosselativas brancas houve avanço da maturação. Para maçã, verificou-se que o uso de telas de cor pérola aumentou o tamanho dos frutos e produção total de frutos (Rajapakse & Shahak, 2007).

Em hortaliças, os mesmos autores citam que conseguiu-se aumento da ordem de 25% a 40% na produção de frutos de pimentão no sul de Israel, substituindo-se a tela preta por vermelha ou pérola, todas com 30% de sombreamento. Nas folhosas, como alface e manjericão, observaram-se incrementos de 25% a 50% no rendimento pelo uso das telas de coloração vermelha ou pérola, em relação às equivalentes malhas azul ou preta. Contudo, em experimento realizado no Estado Rio Grande do Sul (Brasil), Costa (2009), comparando malhas vermelhas, azuis, metálicas e ausência de sombreamento, em estufa agrícola, verificou que a produção por planta de morango, ocorreu de forma decrescente do ambiente sem sombreamento, para malha vermelha, metálica e azul, demonstrando que o uso das telas fotosselativas foi prejudicial.

Rajapakse & Shahak (2007) e Stamps (2009) também citam diversos trabalhos demonstrando, tanto resultados positivos, quanto negativos do uso das telas fotosseletivas em diversas culturas. Mas os dois autores concordam, que os resultados com telas fotosseletivas ainda são preliminares, sendo necessário mais pesquisas para explorar todo o potencial dessa tecnologia e realmente melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos vegetais.

## 1.2 REFERÊNCIAS

- BLAT-MARCHIZELI, S. F. B.; YAÑEZ, L. D. T.; COSTA, C. P. P. Deu oídio. **Revista Cultivar Hortalças e Frutas**, Pelotas, v. 4, n. 21, p. 10-11, 2003.
- CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; ANTUNES, O. T.; NIENOW, A. A. **Morangueiro polinizado pela abelha jataí em ambiente protegido**. Passo Fundo: UPF, 2005. 53 p.
- CALVETE, E. O.; TESSARO, F. Ambiente protegido aspectos gerais. In: PETRY, C. (Ed.). **Plantas ornamentais aspectos para produção**. Passo Fundo, 2008. p. 24-45.
- CEASA. Centrais de Abastecimento do Estado de Goiás. **Análise Conjuntural 2010, nº 35**. 2010. Disponível em: <<http://www.ceasa.goias.gov.br/ArquivosSiteCeasa/Conjunturas/analise2010/Conjuntura2010Final.PDF>>. Acesso em: 20 abr. 2012.
- CERNY, T. A.; FAUST, J.; RAJAPAKSE, N. C. Role of Gibberellin A4 and gibberellin biosynthesis inhibitors on flowering and stem elongation of petunia under modified light environments. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 1, p. 134-137, 2005.
- COSTA, R. C. **Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morangueiro sob telas de sombreamento em ambiente protegido**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução: GHEYI, H. R.; SOUSA, A. A.; DAMASCENO, F. A. V.; MEDEIROS, J. F. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortalças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.
- FRANKLIN, K. A.; WHITELAN, G. C. Red/for-red ratio perception and shade avoidance. In: WHITELAM, G.; HALLIDAY, K. (Ed.). **Light and Plant Development**. UK: Blackwell Publishing, 2007. p. 211-229.
- GALVANI, E. **Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) em ambiente protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera-verão**. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.

- HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; COUTO, M. E. O.; MEDEIROS, A. R. M.; SINIGAGLIO, C. Pimentas e pimentões do sul do Brasil: variedades crioulas mantidas pela Embrapa Clima Temperado. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Petrolina, v. 2, n. 1, p. 841-844, 2007.
- HENZ, G. P.; COSTA, S. R.; CARVALHO, S. Como cultivar pimentão. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 42, n. 2 (caderno especial), p. 01-07, 2007.
- KASPERBAUER, M. J. Spectral distribution of light in a tobacco canopy and effects of end-of-day light quality on growth and development. **Plant Physiology**, Rockville, v. 47, n. 6, p. 775-778, 1971.
- KIM, H. H.; GOINS, G. D.; WHEELER, R. M.; SAGER, J. C. Green light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes. **HortScience**, Genova, v. 39, n. 7, p. 1617-1622, 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531 p.
- LI, J. C. Uso de mallas en invernaderos. **Horticultura Internacional**, Madrid, v. 8691, n. extra, 2006.
- MAKI, S. L.; RAJAPAKSE, S.; BALLARD, R. E.; RAJAPAKSE, N. C. Far-red light deficient greenhouse environment affects gibberellin metabolism in chrysanthemum. **Journal of American Society Horticulture Science**, Alexandria, v. 127, n. 4, p. 639-643, 2002.
- MARCHI, G.; PEREIRA, C. **Cultivo Comercial em Estufa**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2000. 118 p.
- MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 15-23, 1999.
- OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, 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 Horticulture Science Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 353-361, 2001.
- RAJAPAKSE, N. C.; SHAHAK, Y. Light quality manipulation by horticulture industry. In: WHITELAM, G.; HALLIDAY, K. (Ed.). **Light and Plant Development**. UK: Blackwell Publishing, 2007. p. 290-312.
- RAJAPAKSE, N. C.; YOUNG, R. E.; MCMAHON, M. J.; OI, R. Plant height control by photoselective filters: current status and future prospects. **HortTechnology**, Alexandria, v. 9, n. 4, p. 618-624, 1999.
- RAJAPAKSE, N. C.; YOUNG, R. E.; OI, R. Plant growth regulation by photoselective greenhouse covers. **Proc. National Agricultural Plastics Congress**, Clemson, v. 27, n. 1, p. 23-29, 1998.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Ed.). **Capsicum: Pimentas e Pimentões no Brasil**. Brasília:

Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 113 p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762 p.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, A. O. Cultivo protegido: aspectos microclimáticos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 108-115, 1995.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; COHEN, Y.; LURIE, S.; STERN, R.; KFIR, S.; NAOR, A.; ATZMON, I.; DORON, I.; GREENBLAT-AVRON, Y. ColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 1, n. 636, p. 609-616, 2004a.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GANELEVIN, R. ColorNets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Kissimmee, v. 2, n. 659, p. 143-151, 2004b.

SONNENBERG, P. E.; SILVA, N. F. **Olericultura especial**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2004. 108 p.

STAMPS, R. H. Use of Colored Shade Netting. **Horticulture Journal**, Alexandria, v. 44, n. 2, p. 239-241, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução: SANTARÉM, E. R.; [et al.]. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TATINENI, A.; RAJAPAKSE, N. C.; FERNANDEZ, R. T.; RIECK, J. R. Effectiveness of plant growth regulators under photoselective greenhouse covers. **Journal of American Society Horticulture Science**, Alexandria, v. 125, n.6, p. 673-678, 2000.

WHITELAM, G. C.; HALLIDAY, K. J. (Ed.). **Light and Plant Development**. UK: Blackwell Publishing, 2007.

# **PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO: TELAS FOTOSSELETIVAS, SUBSTRATOS COMERCIAIS E FERTIRRIGAÇÃO**

## **RESUMO**

No Estado de Goiás a produção comercial de frutos de pimentão ainda é feita a campo, contudo a produção de mudas é realizada em bandejas sob estufa ou telado, predominantemente com substrato comercial. Há poucos trabalhos que avaliam a influência do ambiente no desenvolvimento das mudas, sobretudo nas condições bioclimáticas do Brasil Central. Além dos cuidados referentes ao ambiente, a produção de mudas de qualidade exige a escolha dos substratos adequados. Os pequenos e médios produtores comumente usam um mesmo substrato comercial para todas as hortaliças, comumente sem fertirrigação complementar. Estas práticas não são usualmente suficientes para bom desenvolvimento e qualidade das mudas. Este trabalho, conduzido em Goiânia, Goiás, Brasil (16°35'73"S, 49°16'54"O, 716m), compreendeu dois experimentos independentes: 1) Avaliação da emergência e desenvolvimento de mudas de pimentão Magali R, em estufa tipo arco, dos substratos comerciais Bioplant<sup>®</sup>, Vivatto Plus<sup>®</sup>, Tri-mix<sup>®</sup> e Golden Mix 80<sup>®</sup>, na presença e ausência de fertirrigação com fertilizante solúvel Fertissol<sup>®</sup> (06-12-36); 2) Avaliação do desenvolvimento de mudas de pimentão sob telado com malhas fotosseletivas vermelha, azul e termorrefletora e estufa tipo arco. No primeiro experimento foram avaliadas a emergência e seu índice de velocidade, tempo médio e tempo para 100% da emergência. Nos dois experimentos foram avaliadas a massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, comprimento caulinar e diâmetro basal do caule. Além disso, a fim de caracterizar as condições micrometeorológicas dos ambientes, obtiveram-se registros contínuos de radiação solar global (RG), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura e umidade relativa do ar. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelos testes de Scott-Knott e Tukey, ambos com  $p < 0,05$ . Concluiu-se que: a) No período estudado (maio/junho) a produção em estufa coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD) produziu mudas de melhor qualidade do que as produzidas sob telados com malhas fotosseletivas vermelha, azul ou termorrefletoras, com 40% de sombreamento; b) No período estudado (maio/junho) a variável temperatura influenciou mais o desenvolvimento das mudas de pimentão do que alterações na RG e RFA; c) a fertirrigação promove maior desenvolvimento das mudas de pimentão Magali R, em todos os substratos; d) o substrato Vivatto Plus<sup>®</sup> apresenta melhores resultados para produção de mudas de pimentão Magali R; e) os substratos Tri-mix<sup>®</sup> e Golden Mix 80<sup>®</sup> são mais dependentes de adubação complementar.

*Palavras-chave:* radiação global, radiação fotossinteticamente ativa, polietileno de baixa densidade.

## ABSTRACT

### SWEET PEPPER SEEDLING PRODUCTION: PHOTOSELECTIVE SCREENS, COMMERCIAL GROWING MEDIA AND FERTIRRIGATION

Sweet pepper is mostly grown at open field in Goiás State, Brazil, but seedlings are produced predominantly in trays with commercial growing media under screenhouses and greenhouses. There is scarce literature evaluating the environment influence on seedling development, particularly for Central Brazil bioclimatic conditions. Besides attention to environment, seedling production requires selection of adequate growing media. Small and medium producers usually utilize the same commercial growing media for all vegetable crops, mostly without supplementary fertirrigation. These practices are not usually sufficient for satisfactory seedling development and quality. This research, carried out in Goiânia, Goiás, Brazil (16°35'73"S, 49°16'54"W, 716m), comprised two independent experiments: 1) Evaluation of the effects of the commercial growing media Bioplant<sup>®</sup>, Vivatto Plus<sup>®</sup>, Tri-mix<sup>®</sup>, and Golden Mix 80<sup>®</sup>, with and without fertirrigation with soluble fertilizer Fertissol<sup>®</sup> (06-12-36), on seedling emergence and development of Magali R sweet pepper, in a tunnel plastic greenhouse; 2) Evaluation of sweet pepper seedlings development under thermoreflective and red and blue photoselective screenhouses, and tunnel plastic greenhouse. In the first experiment, emergence, emergence speed index, mean emergence time, and 100% emergence time were evaluated. In both experiments, shoot and root fresh mass and stem length and base diameter were measured. In order to characterize micrometeorologic conditions of the environments, continuous recordings of global radiation (GR), photosynthetically active radiation (PAR), temperature, and air relative humidity were taken. Data variance were analyzed and compared through Scott-Knott and Tukey tests, both at 5% significance. Conclusions are: a) Better quality seedlings were produced in the greenhouse covered with low density polyethylene (LDPE) than under 40% shading thermoreflective or red or blue photoselective screens; b) During May and June the variable temperature showed greater influence on the sweet pepper seedling development than variations of GR and PAR; c) Fertirrigation increased Magali R sweet pepper seedling development in all growing media tested; d) The Vivatto Plus<sup>®</sup> growing media showed the best results for Magali R sweet pepper seedlings; e) Tri-mix<sup>®</sup> and Golden Mix 80<sup>®</sup> growing media are the most dependent on supplementary fertirrigation for sweet pepper seedling development.

*Key words:* global radiation, photosynthetically active radiation, low density polyethylene.

## 1.3 INTRODUÇÃO

O pimentão é uma hortaliça muito popular no Brasil e no exterior, por ser ingrediente fundamental de vários pratos, molhos, ensopados, assados e saladas. No Brasil, o pimentão é uma das dez hortaliças mais importantes, com uma área cultivada anual estimada em 12.000 ha (Henz et al., 2007). A produção é difundida principalmente nas

regiões Sudeste e Centro-Oeste (Blat-Marchizeli et al., 2003). No Centro-Oeste, o maior produtor é o Estado de Goiás, tendo comercializado 3.779,31 toneladas em 2010, sendo 91,41% produzidos no próprio estado, onde os municípios de Anápolis, Nerópolis, Leopoldo de Bulhões, Goiânia e Petrolina são os principais produtores (Ceasa, 2010).

O pimentão é geralmente cultivado em campo aberto, mas apresenta maiores produtividades em cultivo protegido pelo melhor controle das condições ambientais. A planta desenvolve e produz melhor sob temperaturas relativamente elevadas ou amenas, sendo intolerante à baixas temperaturas e à geada (Filgueira, 2000). Tal característica exige em muitos casos o uso de estufas ou casas de vegetação, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Quanto à produção de mudas, a germinação das sementes e emergência das plântulas frequentemente são lentas, particularmente sob condições de baixa temperatura. Quando semeadas diretamente, sua emergência é bastante desuniforme, necessitando de replantios (Filgueira, 2003). Características que justificam o sistema de produção de mudas em bandejas, que traz vantagens como maior germinação, uniformidade das mudas, economia de água e menor dano às raízes no momento do transplante (Moreira et al., 2008).

Enquanto a produção comercial de frutos ainda é predominantemente feita à campo no Estado de Goiás, a produção de mudas, por sua vez, sempre é realizada em estufas ou telados. O uso de ambiente protegido permite que os fatores tais como fotossíntese, evapotranspiração, respiração, absorção de água e de nutrientes e seu transporte sejam ajustados melhor explorados. Esta possibilidade de manejar o ambiente pode promover o aumento da precocidade, da produtividade e permite a produção de espécies olerícolas fora de época (Calvete & Tessaro, 2008).

Além do uso de estufas, existem outras tecnologias à disposição do produtor. Entre essas se encontram as telas de sombreamento, as quais podem ser utilizadas isoladamente ou em associação com estruturas cobertas, como as estufas agrícolas. Essas telas, geralmente, produzem uma condição mais apropriada à cultura, reduzindo, principalmente, os efeitos da alta incidência da radiação solar e aumentando a produtividade (Shahak et al., 2004). Diversos trabalhos tem mostrado que o uso de sombreamento artificial através de ripados ou telas plásticas causa uma modificação no balanço de energia radiante, propiciando características mais adequadas às espécies de baixo ponto de saturação luminosa (Shahak et al., 2004; Leite et al., 2008; Costa, 2009).

Mais recentemente, também vem sendo introduzido no país o uso de telas fotosselativas como as de transmissão nas faixas do azul, vermelho e vermelho distante. Segundo Rajapakse & Shahak (2007), essas telas fotosselativas, além de atenuarem a radiação solar e luminosidade em regiões de alta intensidade energética, propiciam também a transmissão de espectros da radiação solar incidente de melhor qualidade sob o ponto de vista do processo fotossintético. As telas fotosselativas também podem compensar os efeitos da redução da RFA ocasionados pelo sombreamento (Leite et al., 2008).

A cultura do pimentão é juntamente com o tomate, morango e pepino, uma das culturas que mais se desenvolveram em ambiente protegido, seja em estufas como na região Sul e Sudeste, ou em telados como no Planalto Central (Henz et al., 2007). Shahak et al. (2008), em condições de clima semi árido, obtiveram melhores produtividades de pimentão utilizando telas fotosselativas de malha vermelha e amarela. Resultados semelhantes foram encontrados em orquídeas por Leite et al. (2008), na região Sudeste do Brasil. Contudo, são poucos os trabalhos que avaliam a influência do ambiente no desenvolvimento das mudas, sobretudo, nas condições bioclimáticas de Goiânia.

Além dos cuidados referentes ao ambiente, para produção de mudas de qualidade, é fundamental a adequada escolha do substrato. De acordo com Kämpf (2005), para o sucesso da produção de mudas, o substrato deve garantir, por meio de sua fase sólida, a manutenção mecânica do sistema radicular e estabilidade da planta. Segundo Verdonck (1984), as propriedades físicas dos substratos são importantes, tendo em vista que as relações ar/água não podem ser mudadas durante o cultivo. Diferindo das características químicas, que podem ser alteradas por meio da irrigação e adubação (Miner, 1994).

Kämpf (2005), em concordância com Abad et al. (1993), sugere que os substratos a serem utilizados em bandejas devem possuir porosidade acima 85% e densidade seca próxima de  $200 \text{ g L}^{-1}$ . Do ponto de vista químico, a maioria dos autores, semelhantes a Miner (1994) e Handreck & Black (2002), sugere pH em água de 5,3 a 6,5 e condutividade elétrica (CE) de  $0,6 \text{ mS cm}^{-1}$  a  $1,8 \text{ mS cm}^{-1}$ , para cultivo de hortaliças. Dessa forma, a quantidade de nutrientes para o desenvolvimento das mudas é insuficiente, para a maioria das culturas, necessitando de complementação mediante fertirrigação, geralmente, a partir da terceira semana após sementeira.

Segundo Kämpf (2005), um substrato é constituído, geralmente, por materiais estruturantes como a casca de pinus, materiais complementares como vermiculita e

aditivos, como fertilizantes e corretivos. A maioria dos substratos comerciais são mesclas de materiais com diferentes propriedades físicas e químicas, que implicam nas especificidades de cada produto e, conseqüentemente, no desempenho das plantas sobre eles.

Cada cultura, por sua vez, possui diferentes necessidades quanto à aeração, porosidade, capacidade de retenção de água de um substrato e aporte nutricional (Handreck & Black, 2002). No Estado de Goiás, os pequenos e médios produtores comumente usam um determinado substrato comercial para todas as hortaliças e na maioria das vezes sem fertirrigação complementar. Práticas que nem sempre promovem o desenvolvimento e a qualidade das mudas como esperado, problema que também foi apontado por Menezes Junior & Fernandes (1999) no Estado do Rio Grande do Sul.

Dessa forma os objetivos deste trabalho foram:

- i. Avaliar o desenvolvimento de mudas de pimentão, cultivar Magali R sob telado de malha fotosselativa vermelha, telado de malha fotosselativa azul, telado de malha termorrefletora (metálica) e estufa tipo arco;
- ii. Avaliar a emergência e desenvolvimento de pimentão, cv. Magali R em substratos comerciais utilizados por horticultores da região metropolitana de Goiânia;
- iii. Avaliar o efeito da fertirrigação no desenvolvimento de mudas de pimentão cv. Magali R e sua interação com o substrato;

## 1.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido mediante a condução de dois experimentos independentes: o primeiro para avaliar a germinação, emergência e desenvolvimento de mudas de pimentão em substratos comerciais na presença e ausência de fertirrigação; e o segundo para avaliar o desenvolvimento das mudas de pimentão sob telado com malha fotosselativa vermelha, telado com malha fotosselativa azul, telado com malha termorrefletora e estufa tipo arco.

O primeiro experimento foi conduzido, em estufa tipo arco de 2,5 m de pé direito, 25 m de comprimento, 8 m de largura, coberta com Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) de 150µm de espessura, instalada no sentido SW-NE, na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (16°35'47"S e 49°16'47"W, 730m). O período experimental ocorreu de 07/01/2011 a 14/02/2011.

Para a avaliação da germinação e da emergência foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com 16 repetições e 12 plantas por repetição. Para avaliação do desenvolvimento das mudas foi utilizado esquema em parcelas subdivididas com quatro parcelas, duas subparcelas e 96 mudas por subparcela. As parcelas consistiram dos substratos comerciais Bioplant<sup>®</sup>, Vivatto Plus<sup>®</sup>, Tri-mix<sup>®</sup> e Golden Mix 80<sup>®</sup>. As subparcelas consistiram na presença e ausência de fertirrigação. Foram utilizadas bandejas de 128 células e sementes comerciais da cultivar Magali R<sup>®</sup>.

Somente o Golden Mix 80<sup>®</sup>, que é constituído apenas por fibra de coco, foi enriquecido com 500 g m<sup>-3</sup> de calcário, 50 g m<sup>-3</sup> de nitrogênio, 100 g m<sup>-3</sup> de fósforo, 150 g m<sup>-3</sup> de potássio e 50 g m<sup>-3</sup> de FTE-Br12, de acordo com a recomendação de Ribeiro (1999). Os demais substratos foram utilizados, sem adição de fertilizantes ou corretivos, conforme recomendação dos fabricantes.

A semeadura foi realizada em 07/01/2011. Foram realizadas duas irrigações diárias e uma fertirrigação semanal (para subparcelas adubadas) com fertilizante solúvel Fertissol<sup>®</sup> 06-12-36 + (0,03% de boro + 0,2% de ferro + 0,01% de molibdênio), na concentração de 3 g L<sup>-1</sup>, aplicando 1 L por bandeja. A fertirrigação foi iniciada cinco dias após a emergência em todos os substratos.

Nos primeiros 18 dias após a semeadura foram avaliadas a emergência, o índice de velocidade de emergência (IVE), conforme Maguire (1962); o tempo médio para emergência (TME), segundo Edmond & Drapala (1957); e tempo para 100% da emergência (T/100%E). Aos 38 dias após a semeadura, foram avaliadas a massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, comprimento caulinar e diâmetro basal do caule. Para as avaliações, as duas fileiras periféricas das bandejas foram descartadas como bordadura (Figura 4).

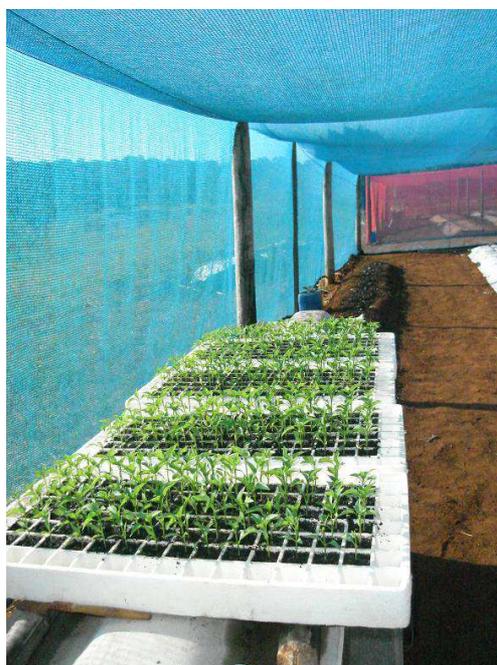
Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Scott-Knott (emergência) e Tukey (desenvolvimento das mudas), ambos a 5% de significância.

O segundo experimento também foi conduzido na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (16°35'47''S e 49°16'47''W, 730m), no período de 18/05/2011 a 29/06/2011. Os tratamentos (ambientes) foram: telado de malha fotosselativa vermelha (ChromatiNet Vermelha<sup>®</sup>); telado de malha fotosselativa azul (ChromatiNet Azul<sup>®</sup>, Figura 5); telado de malha termorrefletora (Aluminet<sup>®</sup>); e estufa tipo arco. A estufa utilizada apresentava 2,5 m de pé direito, 25 m de comprimento, 8 m de

largura, coberta com Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) de 150 $\mu$ m de espessura, instalada no sentido SW-NE. Os três telados utilizados possuíam cada um 16,0 m x 12,0 m e 2,2 m (comprimento x largura x altura) instalados no sentido SW-NE. Todos os telados possuíam malhas com 40% de sombreamento nominal.



**Figura 4.** Vista das bandejas e descarte das bordaduras. Mudas de pimentão cv. Magali R.



**Figura 5.** Mudas de pimentão cv. Magali R no Telado Azul.

No dia 18/05/2011, foi realizada a semeadura em bandejas de 128 células preenchidas com substrato comercial Vivatto plus<sup>®</sup> para todos os tratamentos. O experimento foi inteiramente casualizado, com 16 parcelas por tratamento e 12 mudas por parcela. Para condução das mudas foram adotados os mesmos procedimentos de irrigação

e fertirrigação utilizados nas parcelas adubadas do primeiro experimento.

Aos 43 dias após a semeadura foram avaliadas área foliar, a massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, relação massa aérea/massa da raiz, comprimento caulinar e diâmetro basal do caule. Para avaliação, as duas fileiras periféricas das bandejas foram descartadas como bordadura. Todos os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A fim de caracterizar as condições micrometeorológicas dos ambientes, obtiveram-se registros contínuos de radiação solar global (RG), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura e umidade relativa do ar por meio de sensores acoplados a sistema de aquisição de dados da marca Spectrum®, modelo Series 2000 (Figura 6). As leituras foram feitas a cada dez segundos e seus valores médios foram registrados a cada 15 minutos. A RG e a RFA foram obtidas por meio de piranômetros e por sensores quantum, respectivamente. Todos os sensores foram instalados no centro de cada ambiente a 1,5 m de altura.



**Figura 6.** Estação meteorológica e mudas no Telado Vermelho.

Ao final do período experimental foi determinada temperatura média, umidade média, atenuação da RG; RG e RFA médias e acumuladas. Para verificar a eficiência de uso da RFA pelas plantas calculou-se a razão da RFA acumulada por massa total da muda

e por área foliar. Além disso, baseado em Cermeño (1977) para cada ambiente foi calculado o número de horas com temperatura abaixo de 10°C (paralisação do crescimento), número de horas com temperatura menor que 15°C (crescimento deficiente) e número de horas com temperatura entre 16°C e 25°C (crescimento ótimo). A análise de variância dos dados meteorológicos foi realizada em delineamento inteiramente casualizado (ambiente como tratamento e dias de duração do experimento como repetição) e as comparações das médias foram realizadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

## 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Substrato, emergência e desenvolvimento inicial

Quanto à caracterização física dos substratos, verifica-se que a densidade seca (DS) e porosidade total (PT) de todos os tratamentos obedeceram às recomendações de Abad et al. (1993) e Kämpf (2005) para a utilização em bandejas (Tabela 1). Para estes autores, um bom substrato deve possuir densidade seca (Ds) entre 100 g L<sup>-1</sup> e 300 g L<sup>-1</sup>; porosidade total (PT) acima de 85%. O espaço de aeração (EA) e a capacidade de retenção de água (CRA), por sua vez, foram considerados alto e baixa, respectivamente. De acordo com Abad et al. (1993) o EA deve ser entre 10% e 30% e a CRA deve estar entre 55% e 70%.

**Tabela 1.** Análise física dos substratos para produção de mudas de pimentão cv. Magali R

Substrato	DU	DS	DP	PT	EA	CRA	P/S
	g L <sup>-1</sup>			%			
Bioplant <sup>®</sup>	619	288	1000	85	47	38	5
Vivatto Plus <sup>®</sup>	517	267	900	90	50	40	9
Tri-mix <sup>®</sup>	292	174	700	85	46	39	5
Golden Mix 80 <sup>®</sup>	256	89	500	91	61	30	9

Determinações conforme IN 17 e IN 31 (Mapa, 2007).

DU: Densidade úmida; DS: Densidade seca; DP: Densidade de partícula; PT: Porosidade Total; EA: Espaço de aeração; CRA: Capacidade de Retenção de Água; P/S: Relação Poro/Sólido.

A condutividade elétrica (Tabela 2) do Bioplant<sup>®</sup> (1,7 mS cm<sup>-1</sup>) apesar de ser mais alta que as dos outros substratos ainda foi considerada adequada para plantas tolerantes à salinidade como as hortaliças (Handreck & Black, 2002). O Golden Mix 80<sup>®</sup> demonstrou baixa salinidade e os demais substratos apresentaram salinidade normal conforme o recomendado por Cavins et al. (2000). Quanto ao pH, verifica-se que apenas o

Tri-mix<sup>®</sup> e Golden Mix 80<sup>®</sup> apresentaram pH dentro da faixa ótima proposta por Bailey et al. (2000), que é de 5,4 a 6,4.

**Tabela 2.** Análise química dos substratos para produção de mudas de pimentão cv. Magali R

Substratos	pH	CE	N	P	K	Ca	Mg
	H <sub>2</sub> O	mS cm <sup>-1</sup>					
Bioplant <sup>®</sup>	4,8	1,7	8	10	5,8	19,2	9,8
Vivatto Plus <sup>®</sup>	4,9	0,5	15	20	8,0	16,4	8,6
Tri-mix <sup>®</sup>	5,6	0,4	5	6,7	6,9	12,8	5,3
Golden Mix 80 <sup>®</sup>	5,8	0,2	4	4,1	6,2	10,7	6,4

Determinações do pH e CE, conforme IN 17 e IN 31 (Mapa, 2007). Determinações dos nutrientes conforme Bataglia et al. (1978), analisado como tecido vegetal.

CE: Condutividade Elétrica.

Verificou-se que o substrato Vivatto Plus<sup>®</sup> apresentou os maiores teores de N, P, K, Ca, Mg, apesar de possuir menor CE do que o Bioplant<sup>®</sup>. O substrato que apresentou menor teor de nutrientes foi o Golden Mix 80<sup>®</sup> (fibra de coco), demonstrando que, mesmo com a adubação complementar de base, não foi suficiente para fornecer a mesma quantidade de nutrientes dos demais substratos.

Na Tabela 3 verifica-se que o substrato Golden Mix 80<sup>®</sup> apresentou emergência de 87,1%, inferior aos demais substratos. Os índices IVE, TME e T/100%E não diferiram para os substratos avaliados. Dessa forma, conclui-se que todos os substratos forneceram condições adequadas para emergência.

**Tabela 3.** Germinação e emergência de plantas de pimentão cv. Magali R em substratos comerciais

Substrato	Emergência	IVE	TME	T/100%E
	%	Planta dia <sup>-1</sup>	dias	
Bioplant <sup>®</sup>	95,5 a	1,26 a	9,15 a	12,16a
Vivatto Plus <sup>®</sup>	92,4 a	1,16 a	9,66 a	13,00a
Tri-mix <sup>®</sup>	95,1 a	1,21 a	9,45 a	13,33a
Golden Mix 80 <sup>®</sup>	87,1 b	1,10 a	9,60 a	13,83a
CV (%)	8,2	9,12	4,31	7,04

IVE: Índice de velocidade de emergência; TME: Tempo médio para emergência; T/100%E: Tempo para 100% da emergência. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A menor emergência do Golden Mix 80<sup>®</sup> pode ser explicada pela sua menor superfície de contato. A baixa densidade de partículas e alto espaço de aeração (Tabela 1) reduzem a disponibilidade de água para as sementes, conseqüentemente dificultando a embebição e germinação. Segundo Kerbauy (2008), a água é o principal fator para o início da germinação, considerando-se que o embrião não cresce a menos que haja uma entrada

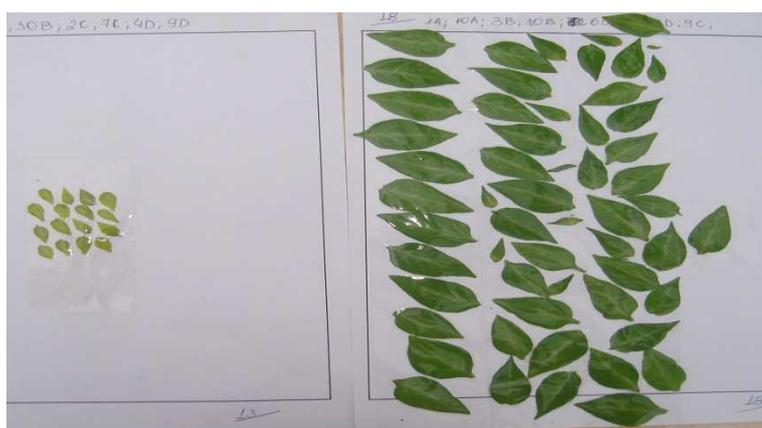
de água nos tecidos, suficiente para gerar pressão de turgescência necessária para a expansão celular.

Na Tabela 4 observa-se que todos os substratos promovem melhor desenvolvimento das mudas mediante fertirrigação. O substrato com maior resposta à adubação foi o Tri-mix® com 92% e 96% de incremento para massa do sistema radicular e área foliar (Figura 7), respectivamente. A observação pode ser explicada pela baixa quantidade de nutrientes disponíveis no material (indicado pela baixa CE) e por sua CTC ser mais elevada, haja vista, o substrato possuir 40% de vermiculita na sua formulação. Diferentemente do Golden Mix 80®, que também possui baixa CE, o Tri-mix® consegue armazenar os nutrientes fornecidos via fertirrigação e disponibilizá-los à planta.

**Tabela 4.** Avaliações das mudas de pimentão cv. Magali R em substratos comerciais aos 38 dias após sementeira.

Substrato	CC		DBC		AF		MFA		MFR	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
	mm				cm <sup>2</sup>		g			
Bioplant®	35,8bB	99,3bA	1,4bB	2,5bA	2,6bB	23,6bA	0,2bB	1,4bA	0,5bB	1,9bA
Vivatto Plus®	62,8aB	145,8aA	1,9aB	2,9aA	8,9aB	41,0aA	0,5aB	2,5aA	0,9aB	2,3aA
Tri-mix®	22,6cB	85,2cA	1,0cB	2,2cA	0,9bB	25,3bA	0,1bB	1,5bA	0,1cB	1,3cA
Golden Mix®	24,5cB	77,4dA	1,0cB	2,0cA	0,5bB	15,9cA	0,1bB	1,0cA	0,1cB	1,0dA
CVa(%)	10,7		6,7		11,6		15,5		14,2	
CVb(%)	9,6		10,3		14,3		14,2		14,2	

C: Com fertirrigação; S: Sem fertirrigação; CC: Comprimento caulinar; DBC: Diâmetro basal do caule; AF: Área foliar; MFA: Massa fresca da parte aérea; MFR: Massa fresca do sistema radicular; CVa(%): Coeficiente de variação na parcela; CVb(%): Coeficiente de variação na subparcela. Médias seguidas por mesma letra (minúscula na coluna) e (maiúscula na linha) não diferem pelo teste de Tukey a 5%.



**Figura 7.** Área foliar das mudas de pimentão produzidas no substrato Tri-mix®, à esquerda sem e a direita com fertirrigação.

O substrato Vivatto Plus® apresentou os melhores resultados (Figura 8) em comprimento caulinar (CC) (145,8 mm), diâmetro basal do caule (DBC) (2,9 mm), área foliar (41 cm<sup>2</sup>), massa fresca da parte aérea e sistema radicular (2,5 g e 2,3 g,

respectivamente). Esses resultados são explicados pelo alto fornecimento de nutrientes na base do substrato (tabela 2) e suas características físicas adequadas (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Nomura et al. (2009) e Martins et al. (2011), na aclimação de mudas de bananeira.



**Figura 8.** Desenvolvimento das mudas de pimentão cv. Magali R nos substratos comerciais Bioplant<sup>®</sup>; Vivatto Plus<sup>®</sup>; Trimix<sup>®</sup> e Golden Mix 80<sup>®</sup> (2 mudas de cada substrato, da esquerda para direita).

De forma geral, os resultados demonstram que tanto o Golden Mix 80<sup>®</sup> quanto o Tri-mix<sup>®</sup> necessitam de um programa mais elaborado de fertirrigação e maior acompanhamento do produtor. Dessa forma, observa-se que, do ponto de vista nutricional, o uso dos substratos Vivatto Plus<sup>®</sup> e Bioplant<sup>®</sup> seria mais adequado para produtores de menor técnica; enquanto os substratos Golden Mix 80<sup>®</sup> e Tri-mix<sup>®</sup> seriam melhor destinados aos produtores ou viveiristas mais técnicos.

### **Ambiente e desenvolvimento inicial**

Os dados meteorológicos dos 43 dias do segundo experimento (Tabela 5) demonstram que no interior da estufa houve: maior radiação global (RG) média e acumulada; maior radiação fotossinteticamente ativa (RFA) média e acumulada; maior temperatura média; menor umidade relativa do ar média e menor atenuação da RG. O

telado com malha azul e termorrefletora (Tabela 5) apresentaram as menores RG e RFA acumuladas e maior atenuação da RG (S). O telado de malha vermelha apresentou valores intermediários para a maioria dos dados observados. Comportamentos análogos foram observados por Costa et al. (2011) e Leite et al. (2008), nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

**Tabela 5.** Dados meteorológicos, para cada ambiente, no período experimental (18/05/2011 a 29/06/2011). Goiânia, Goiás, Brasil.

Trat.	RG	RFA	RG	RFA	RFA/	T	U	S	Σ das horas com		
	Média diária		Acumulada		RG				T<10°C	T<15°C	16°C>T<25°C
	(MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )		-- (MJ m <sup>-2</sup> ) --			- °C -	----- % -----		----- horas -----		
T.V	12,2b	3,9b	525,9	166,5	0,32c	20,6b	72,8a	31	11	367	344
T.A	10,4c	3,2c	446,6	139,1	0,31c	20,1b	74,3a	41	15	394	320
T.P	9,9c	3,6b	227,3	156,5	0,37a	20,0b	74,2a	43	20	399	316
Estufa	13,2a	4,6a	568,2	196,2	0,35b	21,6a	68,7b	25	10	325	364
CV(%)	15,0	14,3	-	-	5,30	6,4	5,7	-	-	-	-

RG: Radiação Global; RFA: Radiação Fotossinteticamente Ativa; T: Temperatura; UR: Umidade Relativa; S: Atenuação da RG; Σ: Somatório; T.V: Telado vermelho; T.A: Telado amarelo; T.P: Telado Prata.

O telado de malha termorrefletora (Tabela 5), embora tenha promovido menor RG média e acumulada apresentou maior relação da RFA/RG, seguido da estufa e por último telado de malha vermelha e malha azul, que não diferiram quanto a RFA/RG. Estes resultados são justificados pelo aumento da radiação difusa no interior do ambiente provocado pela malha termorrefletora, conforme descrito por Holcman (2009). De qualquer forma os valores de RFA/RG em todos os tratamentos estão muito abaixo dos descritos por Steidle Neto et al. (2008), durante a estação seca em Viçosa-MG.

Além disso, o telado com malha termorrefletora, diferentemente do esperado, apresentou temperatura média inferior apenas a da estufa, não diferindo dos demais telados. Vários estudos como o de Guiselini (2002) e de Costa (2009) demonstram que o uso da malha termorrefletora sob ou sobre PEBD de estufas promoveram redução significativas da temperatura do ar.

Outro componente meteorológico muito importante na produção de mudas é a temperatura do ar (Minami, 2010). Segundo este autor, a flutuação da temperatura ao longo do dia (amplitude térmica) é a variável que mais influencia na germinação, emergência e no desenvolvimento inicial das mudas. No experimento observou-se que a estufa (Tabela 5) apresentou menor número de horas de temperaturas abaixo de 10°C e de 15°C e maior número de horas de temperaturas entre 16°C e 25°C. Por sua vez, os telados de malha azul e termorrefletora apresentaram maior número de horas com temperaturas abaixo de 10°C e de 15°C e menor número de horas de temperaturas entre 16°C e 25°C.

Segundo Cermeño (1977), temperaturas abaixo de 10°C promovem paralisação do crescimento das mudas de pimentão; temperaturas abaixo de 15°C causam crescimento deficiente; enquanto o desenvolvimento ótimo acontece com temperaturas entre 16°C e 25°C. Isso pode ser confirmado observando o desenvolvimento das mudas de pimentão (Tabela 6). As mudas produzidas na estufa apresentaram maior comprimento do caule (CC), maior diâmetro da base do caule (DBC), maior massa da raiz e massa aérea, maior área foliar, relação massa aérea/massa da raiz (MA/MR) mais próxima de 1, valor considerado ideal, conforme Minami (2010).

**Tabela 6.** Avaliações das mudas de pimentão Magali R em substrato Vivatto Plus 43 dias após semeadura.

Tratamentos	CC (mm)	DBC (mm)	Massa (g)		MA/MR	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	MT/R FA	AF/RFA
			Aérea	Raíz				
T. Vermelho	81,40 b	1,88 b	0,79 b	0,76 b	1,05 a	13,72 b	0,9	8,2
T. Azul	78,38 c	1,87 b	0,82 b	0,78 b	1,05 a	13,59 b	1,2	9,8
T. Prata	77,25 c	1,87 b	0,80 b	0,74 b	1,08 a	15,48 ab	1,0	9,9
Estufa	94,69 a	2,09 a	0,98 a	0,97 a	1,02 a	16,22 a	1,0	8,3
CV (%)	7,37	5,27	10,8	12,49	6,8	8,52	-	-

CC: Comprimento do Caule; DBC: Diâmetro da Base do Caule; MA/MR: Massa aérea / Massa da raiz; MT/RFA: (Massa total / Radiação Fotossinteticamente Ativa) x 100; AF/RFA: (Área Foliar / Radiação Fotossinteticamente Ativa) x 100; T: telado; T. Prata: telado de malha termorrefletora.

Ao observar a relação MT/RFA ((Massa total / Radiação Fotossinteticamente Ativa) x 100) percebe-se que a eficiência de conversão de RFA em massa é muito próxima para todos os tratamentos. Quanto à AF/RFA ((Área Foliar / Radiação Fotossinteticamente Ativa) x 100), verifica-se que nos telados de malha azul e termorrefletora houve maior formação de área foliar para mesma quantidade de RFA disponibilizada. Para Atkinson et al. (2006) a planta aumenta a área foliar justamente na tentativa de compensar a menor RFA do ambiente, demonstrando comportamento típico de plantas estioladas.

Dessa forma, observa-se nas Tabelas (5 e 6) que em concordância com Minami (2010), aparentemente a variável temperatura influenciou mais o desenvolvimento das mudas do que as alterações na RG e RFA. Tal comportamento é coerente ao avaliar que na fase de muda a planta, ainda, possui reduzida área foliar e atividade fotossintética. Para as fases seguintes do desenvolvimento da planta (crescimento vegetativo no campo, florescimento e frutificação) certamente as alterações no comprimento das ondas eletromagnéticas da radiação solar promovem respostas fisiológicas mais significativas,

assim como observado por Rajapakse & Shahak (2007), Stamps (2009) e Ilić et al. (2011).

Outro ponto importante a ser analisado é o período do ano em que o experimento foi realizado. Os meses de maio e junho constituem o período do ano, em que ocorrem as menores temperaturas do ar, intensidade de RG e RFA. Dessa forma, a estufa apresentou melhor perfil de temperatura que os telados, contudo, provavelmente durante os meses de maiores temperatura, RG e RFA, como agosto e setembro, os telados poderiam apresentar temperaturas mais adequadas que a estufa e talvez apresentarem melhores resultados.

Portanto, na fase de produção de mudas de pimentão, verificou-se que o uso de telados com malha fotosselativa vermelha; malha fotosselativa azul ou malha termorrefletora é desnecessário, senão prejudicial, quando comparados à estufa coberta com PEBD, nas condições climáticas de Goiânia durante os meses de maio a junho.

## 1.6 CONCLUSÕES

- i. A estufa coberta com PEBD apresenta mudas com maior desenvolvimento e melhor qualidade, do que as produzidas em telados com malhas fotosselativas vermelha e azul ou termorrefletoras, com 40% de sombreamento.
- ii. A variável temperatura influencia mais o desenvolvimento das mudas de pimentão do que as alterações na RG e RFA.
- iii. A fertirrigação promove maior desenvolvimento das mudas de pimentão Magali R, em todos os substratos.
- iv. O substrato Vivatto Plus<sup>®</sup> apresenta melhores resultados para produção de mudas de pimentão Magali R.
- v. O Tri-mix<sup>®</sup> e o Golden Mix 80<sup>®</sup> são mais dependentes de adubação complementar.

## 1.7 REFERÊNCIAS

ABAD, M.; MARTINEZ, M. D.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. **Acta de Horticulture**, Madrid, v. 11, n. 11, p. 141-154, 1993.

ATKINSON, C. J.; DODDS, P. A. A.; FORD, Y. Y.; MIÉRE, J. L. E.; TAYLOR, J. M.; BLAKE, P. S.; PAUL, N. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically

active radiation on *Fragaria x ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. **Annals of Botany**, Londres, v. 97, n. 3, p. 429-441, 2006.

BAILEY, D. A.; NELSON, P. V.; FONTENO, W. C. **Substrate pH and water quality**. 2000. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ph.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2012.

BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLAN, P. R. **Análise química de plantas**. Campinas – SP. Circular nº 87, Instituto Agronômico de Campinas, p. 31, 1978.

BLAT-MARCHIZELI, S. F. B.; YAÑEZ, L. D. T.; COSTA, C. P. P. Deu oídio. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 4, n. 21, p. 10-11, 2003.

CALVETE, E. O.; TESSARO, F. Ambiente protegido aspectos gerais. In: PETRY, C. (Ed.). **Plantas ornamentais aspectos para produção**. Passo Fundo, 2008. p. 24-45.

CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; MCCALL, I.; GIBSON, J. L. **Monitoring and managing pH and EC using the pour Thru extraction method**. 2000. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/hils/HIL590.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2012.

CEASA. Centrais de Abastecimento do Estado de Goiás. **Análise Conjuntural 2010, nº 35**. 2010. Disponível em: <<http://www.ceasa.goias.gov.br/ArquivosSiteCeasa/Conjunturas/analise2010/Conjuntura2010Final.PDF>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

CERMEÑO, Z. S. Pimento. In: CERMEÑO, Z. S. (Ed.). **Cultivo de plantas hortícolas em estufas**. Lisboa: Litexa, 1977. p. 261-275.

COSTA, R. C. **Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morangueiro sob telas de sombreamento em ambiente protegido**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado)– Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

COSTA, R. C.; CALVETE, E. O.; REGINATTO, F. H.; CECCHIETTI, D.; LOSS, J. T.; RAMBO, A.; TESSARO, F. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 98-102, 2011.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. L. The effects of temperature, sand and soil acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticulture Science**, Alexandria, v. 71, n. 1, p. 728-734, 1957.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

GUISELINI, C. **Microclima e produção de gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura**. 2002. 53 f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente

Agrícola)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales Press, 2002. 544 p.

HENZ, G. P.; COSTA, S. R.; CARVALHO, S. Como cultivar pimentão. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 42, n. 2 (caderno especial), p. 01-07, 2007.

HOLCMAN, E. **Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ILIĆ, Z.; MILENKOVIĆ, L.; DUROVKA, M.; KAPOULAS, N. The effect of color shade nets on the greenhouse climate and pepper yield. In: 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture, 2011, Opatija. **Anais...** Croacia. p. 529-532.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256 p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara: Koogan, 2008.

LEITE, C. A.; ITO, R. M.; LEE, G. T. S.; GANELEVIN, R.; FAGNANI, M. A. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of *Phalaenopsis*. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 1, n. 770, p. 177-184, 2008.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MAPA Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Instrução Normativa SDA N.º 17. de 24 mai. 2007. **Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo**, Brasília, v. Seção 1, n. 99, 2007.

MARTINS, A. N.; SUGUINO, E.; DIAS, N. M. S.; PERDONÁ, M. J. Adição de torta de mamona em substratos na aclimação de mudas micropropagadas de Bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 198-207, 2011.

MENEZES JUNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S. Substratos comerciais e com esterco de curral na produção de mudas de couve-flor. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 7-11, 1999.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade**. Piracicaba: Degaspari, 2010. 440 p.

MINER, J. A. **Sustratos: propiedades y caracterizaciones**. Madrid: Editorial Mundi-Prensa Libros, 1994. 172 p.

MOREIRA, M. A.; DANTAS, F. M.; SANTOS, C. A. P.; OLIVEIRA, L. M.; MOURA, L. C. Produção de mudas de Pimentão com o uso de pó de coco. **Revista da Fapese**, Aracaju, v. 4, n. 2, p. 19-26, 2008.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; RODRIGUES, D. S.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J.

Influência do substrato e do tipo de fertilizante na aclimação de mudas de bananeira 'Prata-Anã'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 773-779, 2009.

RAJAPAKSE, N. C.; SHAHAK, Y. Light quality manipulation by horticulture industry. In: WHITELAM, G.; HALLIDAY, K. (Ed.). **Light and Plant Development**. UK: Blackwell Publishing, 2007. p. 290-312.

RIBEIRO, A. C. Recomendação de calagem e adubação de substratos para mudas, covas e canteiros. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. p. 263-263.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; COHEN, Y.; LURIE, S.; STERN, R.; KFIR, S.; NAOR, A.; ATZMON, I.; DORON, I.; GREENBLAT-AVRON, Y. ColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 1, n. 636, p. 609-616, 2004.

SHAHAK, Y.; RATNER, K.; GILLER, Y. E.; ZUR, N.; OR, E.; GUSSAKOVSKY, E. E.; STERN, R.; SARIG, P.; RABAN, E.; HARCAVI, E.; DORON, I.; GREENBLAT-AVRON, Y. Improving solar energy utilization, productivity and fruit quality in orchards and vineyards by photoselective netting. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 1, n. 772, p. 65-72, 2008.

STAMPS, R. H. Use of Colored Shade Netting. **Horticulture Journal**, Alexandria, v. 44, n. 2, p. 239-241, 2009.

STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Razão entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global no cultivo do tomateiro em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 626-631, 2008.

VERDONCK, O. F. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. **Acta Horticulturae**, Barcelona, v. 1, n. 150, p. 155-160, 1984.

# **EFEITO DE TELAS FOTOSSELETIVAS NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PIMENTÃO VERMELHO E AMARELO**

## **RESUMO**

O cultivo sob telas fotosselativas atenua as condições extremas do clima, permitindo maior eficiência na produção de hortaliças. Estas malhas filtram regiões específicas do espectro da radiação solar e aumentam a radiação difusa. No Brasil o pimentão é cultivado, tradicionalmente, em condições de campo aberto, contudo, produtores estão investindo em telados e estufas, afim de produzir frutos com maior qualidade e valor agregado. Este trabalho avaliou o efeito de malhas fotosselativas azul e vermelha no desenvolvimento vegetativo e na produtividade de pimentão amarelo e vermelho. O experimento foi realizado de 19/06/2011 a 29/10/2011 em Goiânia, Goiás (16°35'47"S, 49°16'47"W, 730 m). Cultivaram-se os híbridos Eppo (amarelo) e Margarita (vermelho), da Syngenta Seeds. Foram utilizados telados de 16,0 m x 12,0 m e 2,2 m (comprimento x largura x altura) e com malhas de 40% de sombreamento, e, como testemunhas, canteiros a céu aberto. Plantaram-se 140 plantas de cada cultivar por ambiente, constituindo seis populações independentes. Foram medidos o diâmetro e comprimento do caule, número de folhas, área foliar e massa das folhas. Aos 120 dias após transplantio determinou-se o número de frutos, a massa, o comprimento e o diâmetro dos frutos, e o número de frutos perdidos por requeima. Os resultados mostraram que as malhas fotosselativas azul e vermelha promoveram maior crescimento do caule e menor número de folhas e frutos. Não houve diferença estatística para área foliar, demonstrando que há compensação entre o número de folha e dimensões da folha. A produção total de frutos por planta ocorreu de forma decrescente, de céu aberto para telado vermelho e telado azul. Contudo, constatou-se que em céu aberto a perda por requeima do sol chegou a 35%, enquanto os telados apresentaram perdas inferiores a 6%, dessa forma, a produção de frutos comercializáveis por planta foi superior sob o telado vermelho, seguido por céu aberto e com menor produção sob o telado azul. Concluiu-se que, para produção dos pimentões amarelo e vermelho avaliados, nas condições climáticas de Goiânia Goiás, o uso da tela fotosselativa vermelha promove maior crescimento da planta e pequeno aumento (4%) na produção de frutos comercializáveis.

*Palavras-chave:* *Capsicum annuum*, ambiente protegido, radiação fotossinteticamente ativa.

## **ABSTRACT**

## EFFECT OF PHOTOSELECTIVE SCREENS IN THE DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF RED AND YELLOW SWEET PEPPER

Photoselective screens promote better radiation quality and attenuate the extreme climatic conditions allowing greater efficiency in the vegetables production in protected crops. In Brazil the sweet pepper is traditionally cultivated at the field conditions, but recently there have been investments in screenhouses and greenhouses. This research evaluated the effect of photoselective blue and red screens on the vegetative development and productivity of yellow and red sweet peppers. The experiment was conducted from June 19<sup>th</sup> to October 29<sup>th</sup>, 2011, in Goiânia, Goiás, Brazil (16°35'47"S, 49°16'47 "W, 730 m). The hybrids Eppo (yellow) and Margarita (red) from Syngenta Seeds were cultivated in 16 m x 12 m x 2.2 m 40% shading screenhouses with field plots as control. One hundred forty plants of each hybrid were planted per environment. Stem diameter and length, number of leaves, leaf area, total plant mass and mass of leaves were measured. At 120 days after transplanting, the total number, weight, length, diameter and number of fruits lost by sunscald. The blue and red photoselective screens have promoted greater stem growth and smaller number of leaves and fruits. There was no statistical difference for leaf area, showing there is compensation between number and leaf area. The total fruit production per plant occurred in decreasing order from field conditions, to red screen followed of blue. However, the losses by sunscald and rotting was greater than 35% in field conditions, while in the screenhouses the losses were less than 6%. In this way, the production of commercial fruits per plant was higher under red screenhouse than under the blue screenhouse and in the field. It concluded the photoselective red screen promotes greater plant growth and a slight increase (4%) in the production of commercial fruits for Brazilian Midwest climatic conditions.

*Key words:* *Capsicum annuum* var. *annuum*, protected cultivation, crop ecology, photosynthetically active radiation

### 1.8 INTRODUÇÃO

Nos países do hemisfério Norte, e nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde o clima é temperado e semi-temperado, o cultivo em ambiente protegido tem como objetivo inicial minimizar os efeitos do inverno (baixa temperatura, vento, geada e neve) garantindo, dessa forma, produção constante de alimentos Rodrigues (2002). Em regiões como o Centro-Oeste do Brasil, onde a temperatura anual média é superior a 20°C, com apenas duas estações bem definidas (seca e chuvosa), a produção de hortaliças é predominantemente a céu aberto, apresentando elevadas produtividades, principalmente, na estação seca. Contudo, nos últimos dez anos vem crescendo o uso de telados e estufas agrícolas na produção de hortaliças e frutas de maior valor comercial, devido a ganhos na

produtividade e qualidade, sobretudo na estação chuvosa (Henz et al., 2007).

As estufas agrícolas e as casas de vegetação têm se mostrado estruturas caras e, muitas vezes, desnecessárias para a realidade do produtor na região do Brasil Central, apresentando sérias limitações pelas altas temperaturas e excesso de calor acumulado no interior do ambiente (Henz et al., 2007). Como alternativa para proteger a cultura do excesso da radiação solar e do vento, tem-se utilizado telados ou telas refletoras sobre o filme de polietileno da estufa (Shahak et al., 2004).

O mercado tem lançado diversos modelos de telas coloridas em substituição às de sombreamento de cor preta, cujo objetivo principal é proteger as plantas da radiação solar direta. As telas coloridas, também conhecidas com telas fotosseletivas, são fabricadas em polietileno de baixa densidade (PEBD) e em várias colorações (azul, vermelho, amarelo, cinza). É sabido que os diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético da radiação solar promovem diferentes efeitos sobre o desenvolvimento dos vegetais. As telas de coloração vermelha e azul transmitem comprimentos de onda mais efetivos em termos de taxa fotossintética, de desenvolvimento, e de morfogênese dos vegetais (Li, 2006; Leite et al., 2008).

Vários trabalhos demonstraram que o uso de telas fotosseletivas provoca aumento na produtividade e qualidade de tomate, pêra, maçã, morango, uva e pimentão (Shahak et al., 2006; Rajapakse & Shahak, 2007; Shahak et al., 2008). Contudo, há carência de publicações com esse enfoque para regiões de alta disponibilidade energética com o Centro-Oeste do Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e a produtividade de dois híbridos de pimentão, vermelho e amarelo, sob telados fotosseletivos de coloração vermelha e azul, nas condições bioclimáticas do município de Goiânia, Goiás.

## 1.9 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de 19/06/2011 a 31/10/2011 em Goiânia, Goiás (16°35'47"S, 49°16'47"W, 730m). Pela classificação climática de Köppen-Geiger, o clima local é classificado como Aw (Kottec et al., 2006), quente e semi-úmido com estação seca bem definida, de maio a setembro, com temperatura média anual de 23,2°C, com médias máximas e mínimas de 29,8°C e 17,9°C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.575,9 mm e a insolação total anual média é de 2.588,1 horas.

Cultivaram-se os híbridos Eppo (amarelo) e Margarita (vermelho), da Syngenta

Seeds. Foram utilizados dois telados com malhas fotosselativas, um azul e outro vermelho, cada um com 16,0 m x 12,0 m e 2,2 m (comprimento x largura x altura) instalados no sentido SW-NE (Figura 9). Ambos os telados possuíam malhas com 40% de sombreamento nominal, e, como testemunhas, foram utilizados canteiros a céu aberto. Foram feitos, em cada ambiente, seis canteiros com 1,0 m de largura, 14,0 m de comprimento e 0,3 m de altura, com 1,0 m de espaçamento entre si. Realizou-se o transplante em fileiras duplas, com espaçamento entre plantas de 50 cm x 50 cm, no canteiro (aproximadamente 26.666 plantas/ha). Ao todo transplantaram-se 140 plantas de cada cultivar por ambiente, constituindo seis populações independentes. Foi utilizado *mulching* com filme de polietileno dupla face e irrigação por gotejamento. As plantas foram tutoradas e a condução foi feita em cerca vertical com fitilhos horizontais (Figura 10). As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações da Emgopa (1988); Comissão (1999).



**Figura 9.** Vista geral dos telados fotosselativos vermelho e azul.

A fim de caracterizar as condições micrometeorológicas dos ambientes, obtiveram-se registros contínuos de radiação solar global (RG), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura e umidade relativa do ar por meio de sensores acoplados a sistema de aquisição de dados da marca Spectrum®, modelo Series 2000 (Figura 11). As leituras foram feitas a cada dez segundos e seus valores médios foram registrados a cada 15 minutos. A RG e a RFA foram obtidas por meio de piranômetros e por sensores quantum, respectivamente. Todos os sensores foram instalados no centro de cada ambiente a 1,5 m de altura.



**Figura 10.** Telado vermelho e detalhe do sistema de tutoramento em fileira dupla.



**Figura 11.** Sistema de aquisição automática dos dados meteorológicos a Céu aberto.

Ao final do período experimental foram determinados os valores da temperatura média, umidade relativa média, graus dias acumulados, taxa de atenuação (“sombreamento”) da RG e RFA médias e acumuladas. A fim de verificar a eficiência do uso da RFA pelas plantas calculou-se a razão da RFA acumulada por produção de frutos por planta. Os graus-dias foram calculados adotando-se temperatura basal de 10°C, conforme (Goto & Tivelli, 1998). A análise de variância foi realizada em delineamento

inteiramente casualizado (ambiente como tratamento e dia como repetição) e a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Aos 120 dias após transplântio, ou seja, 24 dias após o início do período produtivo, foram medidos o diâmetro e comprimento do caule, número de folhas, área foliar e massa das folhas para uma amostra de 32 plantas de cada população. Dos 96<sup>o</sup> ao 135<sup>o</sup> dias após o transplântio foram determinados o número de frutos e a produção total de frutos por planta em outra amostra de 32 plantas; adotou-se como fruto no ponto de colheita aquele que apresentasse coloração vermelha ou amarela em mais de 50% de sua superfície. No mesmo período, em outras 32 plantas foi determinada a produção de frutos comerciais por planta e a porcentagem de frutos perdidos por requeima. Para tal classificação esperou-se que os frutos atingissem o padrão comercial, ou seja, mais de 90% do fruto na coloração vermelha ou amarela. Além disso, para cem frutos de cada população, determinou-se a massa, o comprimento e o diâmetro dos frutos. A análise estatística foi realizada mediante comparação de populações independentes e para comparação das médias utilizou-se o teste t de Student, a 5% de significância.

## 1.10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final dos 135 dias de monitoramento dos ambientes, verificou-se que a temperatura média, a radiação solar global média (RG), a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) média, a RG acumulada, a RFA acumulada e os Graus-dias acumulados ocorreram de forma decrescente do Céu aberto, para Telado Vermelho e Telado Azul (Tabela 7). A umidade relativa do ar, como esperado, teve comportamento inverso à temperatura do ar.

O Telado Vermelho promoveu menor atenuação (RG de 38,58% e RFA de 52,68%), que o Telado Azul (RG de 48,23% e RFA de 59,27%). Tal diferença na atenuação pode ter ocorrido tanto por pequena desuniformidade na instalação das malhas, quanto por interação entre cor das malhas e fatores meteorológicos, como descrito por (Stamps, 2009).

A diferença de 10% na atenuação da RG entre os telados, certamente é o principal fator que explica a menor RG, a menor temperatura média do ar e o menor valor de Graus-dias acumulado do telado azul em relação ao telado vermelho. A RFA, por sua vez, além da taxa de sombreamento, pode ter sofrido influência da coloração da malha. Em

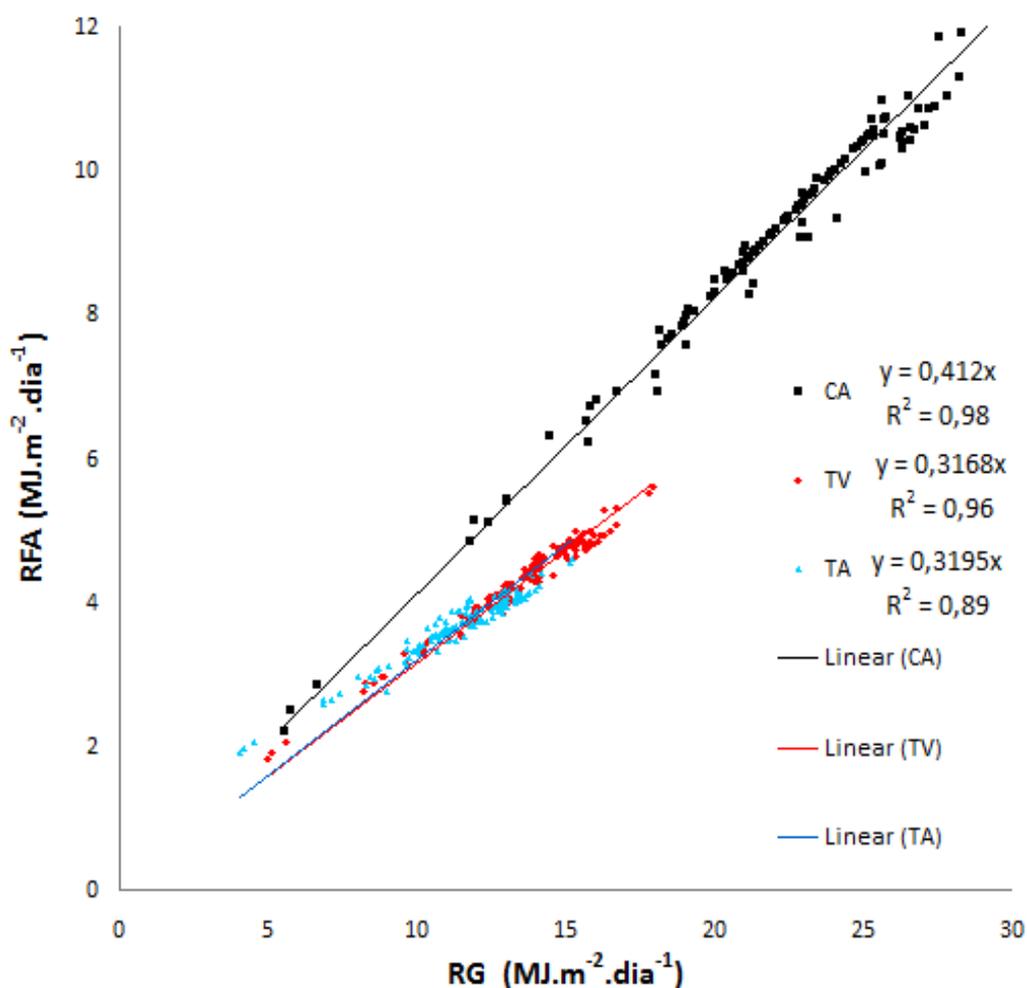
experimento realizado no Sul do Brasil (Costa et al., 2011) constataram que em dias nublados, o nível da RFA sob a cobertura azul era inferior ao nível sob as coberturas vermelha e prata, de mesma taxa de sombreamento nominal, no período compreendido entre 8:00 e 17:00 horas. O mesmo comportamento foi encontrado em experimento realizado por Leite et al. (2008), no Sudeste do Brasil, quando estudaram o efeito de diferentes comprimentos da radiação solar, monitorando a RFA no período das 9:00 as 17:00 horas, no cultivo de várias orquídeas (*Phalaenopsis*) e híbridos.

Por outro lado, analisando-se as regressões de RFA x RG, em cada ambiente, durante os 135 dias de experimento (Figura 12), verifica-se que a proporção de RFA na RG (demonstrada pelo coeficiente angular da reta) dos telados vermelho e azul não diferem entre si. O que demonstra que as diferenças entre os ambientes ocorreram pela diferença de na atenuação da RG (“sombreamento”) e não diretamente pela coloração das malhas. De qualquer forma, observou-se que tanto o Telado Vermelho quanto o Telado Azul tiveram menor proporção de RFA na RG do que o céu aberto. De acordo com Kittas et al. (1999), materiais de cobertura que obscurecem o ambiente afetam significativamente alguns comprimentos de onda, principalmente na faixa do azul, diminuindo, dessa forma, a RFA.

Quanto ao efeito dos ambientes sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas, verificou-se que não houve diferença significativa entre os híbridos de pimentão para diâmetro do caule, comprimento do caule, massa das folhas, área foliar total da planta e teor de clorofila (Tabela 8). Também foi calculada a relação entre o comprimento do caule e o diâmetro da base para verificar se as plantas apresentariam comportamento de estiolamento, quanto maior a relação, mais característico o estiolamento. Para este parâmetro também não ocorreu diferença entre os híbridos vermelho e amarelo.

Ainda sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas, não houve diferença significativa entre os ambientes para diâmetro do caule, área foliar total e teor de clorofila. Foi observada diferença entre os ambientes para comprimento do caule, relação comprimento do caule/diâmetro do caule, massa foliar e número de folhas. As plantas dos telados apresentaram maior comprimento de caule, maior relação comprimento do caule/diâmetro do caule, menor número de folhas e menor massa de folhas. Dessa forma, nota-se o estiolamento e o comportamento típico de plantas em ambiente de baixa saturação luminosa, ou seja, as plantas alcançaram maior altura, com menor número de folhas, porém com folhas de maior área. Essa constatação está de acordo com Rajapakse & Shahak (2007), que sugerem o uso de 30% ou menos de sombreamento em detrimento a

40%, para as hortaliças, justamente pela limitação provocada pelo sombreamento excessivo nas malhas de 40% de sombreamento.



**Figura 12.** Regressões da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) x Radiação Global (RG) em cada ambiente. CA – Céu aberto; TV – Telado vermelho; TA – Telado Azul.

Para as características produtivas (Tabela 9), não se verificou diferença entre os híbridos de pimentão para número de frutos por planta, massa dos frutos e produção total de frutos por planta. Quanto aos ambientes, o número de frutos e a produção total por planta ocorreu de forma decrescente do Céu Aberto, para Telado Vermelho e Telado Azul; por sua vez, a massa média dos frutos foi maior no Telado Azul, superando Telado Vermelho e a Céu Aberto que, por sua vez não diferiram entre si. Costa et al. (2011), comparando malhas vermelhas, azuis, metálicas e ausência de sombreamento, em estufa agrícola, verificaram que a produção por planta de morango, ocorreu de forma decrescente do ambiente sem sombreamento, para malha vermelha, metálica e azul.

**Tabela 7.** Médias dos dados meteorológicos, para cada ambiente, no período experimental (19/06/2011 a 31/10/2011). Goiânia, Goiás, Brasil

Tratamentos	UR (%)		T (°C)		RG (MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )		RFA (MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )		RG acum. (MJ.m <sup>-2</sup> )		RFA acum. (MJ.m <sup>-2</sup> )		Graus-dias (°C.dia)		Atenuação (%)	
	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA
T. Vermelho	65,12	a	21,43	b	13,47	b	4,28	b	1819,26	578,17	1543,31	38,58	48,23			
T. Azul	66,62	a	20,95	c	11,35	c	3,65	c	1533,56	493,96	1478,47	52,68	59,27			
C. Aberto	62,9	b	22,92	a	21,94	a	9,05	a	2962,19	1221,89	1745,19	-	-			
CV(%)	15,38		8,48		19,48		19,53		-	-	-	-	-			

T: Telado; C. Aberto: Céu Aberto; UR: Umidade Relativa; T: Temperatura; RG: Radiação Solar Global; RFA: Radiação Fotossinteticamente Ativa. Médias seguidas com mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

**Tabela 8.** Médias das características vegetativas dos híbridos de pimentão cv. Margarita e cv. Eppo, cultivados em Goiânia, Goiás, Brasil

Tratamentos	D.Caule (mm)		C.Caule (cm)		C.caule/D.caule		M.Folha (g)		N.Folhas (u)		A.Foliar (m <sup>2</sup> )		Clorofila (I. Spad)	
	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA
T. Vermelho	16,54aA	17,92aA	78,11aA	83,50aA	4,73Aa	4,68Aa	266,00aB	297,25aB	330aB	323aB	1,13aA	1,15aA	59,60aA	62,67aA
T. Azul	16,90aA	17,40aA	80,33aA	77,67aA	4,98Aa	4,46Aa	242,67aB	223,00aB	319aB	273aB	1,16aA	0,88aA	58,33aA	60,47aA
C. Aberto	19,47aA	19,67aA	64,33aB	60,00aB	3,34Ba	3,05Ba	333,67aA	359,67aA	447aA	411aA	1,04aA	0,94aA	57,13aA	60,33aA
CV (%)	6,99	8,13	8,62	16,12	16,33	18,50	13,34	18,92	16,00	17,24	10,37	16,23	6,84	6,77

D: Diâmetro; C: comprimento; M: massa; N: Número; A: Área; T: Telado; C. Aberto: Céu Aberto; PV: pimentão vermelho (cv. Margarita); PA: pimentão amarelo (cv. Eppo).

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem pelo Teste t de Student a 5%.

Clorofila determinada com SPAD-502 (MINOLTA).

**Tabela 9.** Médias das características produtivas dos híbridos de pimentão cv. Margarita e cv. Eppo cultivados em Goiânia, Goiás, Brasil

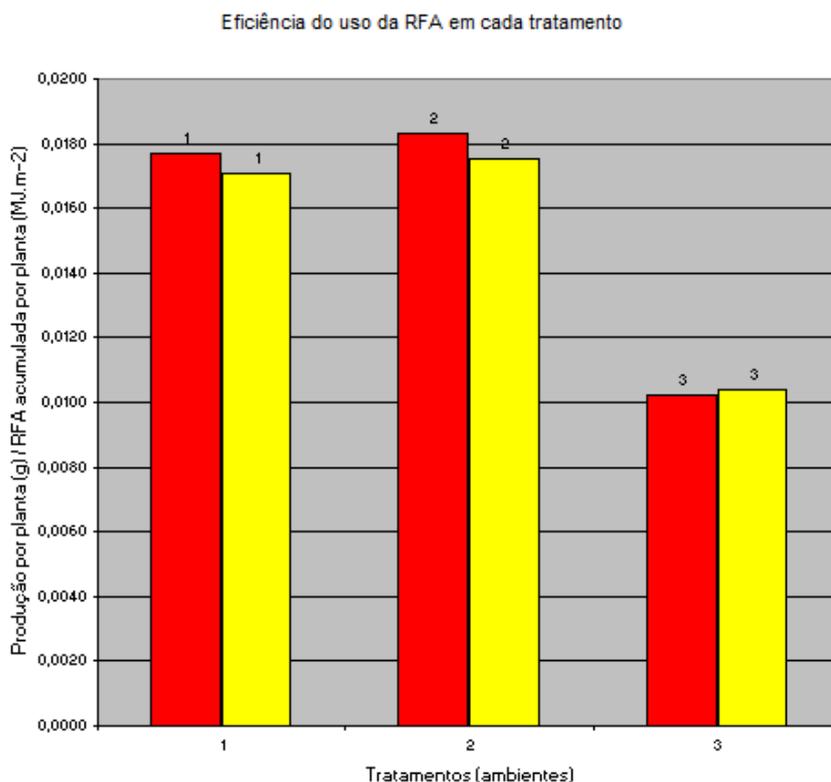
Tratamentos	N.Frutos/planta (u)		M.Frutos (g)		D.Fruto (mm)		C.Fruto (cm)		P.Frutos total/Pl (kg)		F. descartados (%)		P.F. comerciais/Pl (g)	
	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA	PV	PA
T. Vermelho	9,59aB	9,06aB	194,8aB	246,3aA	64,8bC	75,82aA	13,25aB	13,13aA	1,86aB	1,79aB	5aB	6aB	1,77aA	1,74aA
T. Azul	6,88aC	7,06aC	245,26aA	232,86aA	76,03aA	71,74bB	15,46aA	13,41bA	1,65aC	1,58aC	4aB	5aB	1,62aB	1,56aB
C. Aberto	12,25aA	12,71aA	191,74aB	202,83aB	68,42bB	71,79aB	13,75aB	12,98bA	2,32aA	2,36aA	20bA	35aA	1,88aA	1,68bB
CV (%)	28,06	28,38	22,25	19,30	11,41	7,50	12,46	10,13	18,61	17,94	22,45	23,72	18,96	17,64

D: Diâmetro; C: comprimento; F: Fruto; M: massa; N: Número; P: produção; T: Telado; C. Aberto: Céu Aberto; PV: pimentão vermelho (cv. Margarita); PA: pimentão amarelo (cv. Eppo).

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem pelo Teste t de Student a 5%.

As maiores produções ocorridas no plantio a Céu Aberto e no Telado Vermelho em detrimento do Telado Azul, podem ser explicadas pela maior exposição à radiação de comprimento de ondas vermelho e vermelho distante durante o crescimento e desenvolvimento foliar. Segundo Kasperbauer & Hamilton (1984), a relação entre o vermelho e o vermelho distante influencia o desenvolvimento de cloroplastos para garantir sobrevivência mais eficiente à planta, o que, possivelmente, possa ter influenciado a capacidade fotossintética das plantas, ocorrendo maior produtividade. Atkinson et al. (2006) explicam que a menor produtividade no telado azul é devida ao redirecionamento de fotoassimilados para aumento da área foliar, afim de aumentar a captação de radiação, restando menos energia para a formação de frutos.

Por outro lado, verifica-se na razão da produção total de frutos por planta/RFA acumulada (Figura 13), que indiretamente nos informa a eficiência de conversão de RFA em massa de fruto, que não há diferença significativa entre os telados, que por sua vez foram mais eficientes que o Céu Aberto. Tal constatação, também corrobora com a hipótese de que os efeitos observados sobre a produção de pimentão foram inerentes, principalmente à diferença na atenuação da RG e RFA, e não da modificação no espectro da radiação pela coloração das malhas.



**Figura 13.** Eficiência do uso da RFA nos três ambientes. (1: Telado vermelho; 2: Telado Azul; 3: Céu aberto.)

Para diâmetro e comprimento dos frutos (Tabela 9) houve diferença entre os híbridos e observou-se interação entre telados e híbridos. O híbrido Margarita (vermelho) apresentou diâmetro em ordem decrescente no Telado Azul (onde também foi superior ao híbrido amarelo), seguido de a Céu Aberto e Telado Vermelho (nos dois foi inferior ao Eppo). O híbrido Eppo (amarelo) teve maior diâmetro no Telado Vermelho, e os outros ambientes não diferiram entre si. Para comprimento do fruto, o híbrido vermelho apresentou maiores médias que o amarelo no Telado Azul, a Céu Aberto e não diferiram no Telado Vermelho. Dessa forma, verifica-se interação positiva entre telado azul e pimentão vermelho, em que o Margarita (vermelho) teve maior comprimento e diâmetro no Telado Azul. Houve interação positiva entre o telado vermelho e pimentão amarelo, em que o Eppo (amarelo) teve maior diâmetro no Telado Vermelho.

Na porcentagem de perda de frutos (Tabela 9), o híbrido Eppo apresentou maiores perdas que o híbrido Margarita, no Céu Aberto, o que mostra a sensibilidade do Eppo à requeima pelo sol. Quando comparados os ambientes, para os dois híbridos, os telados não diferiram e as maiores perdas foram observadas no Céu Aberto. Nas revisões de Rajapakse & Shahak (2007) e Stamps (2009), são citados vários trabalhos que demonstram a melhoria da qualidade e aumento da produção de frutos comerciais, devido ao uso de telas de sombreamento. Segundo os autores, além da proteção contra a radiação solar direta, evitando danos à epiderme dos frutos, as malhas promovem melhor distribuição da radiação no dossel da planta, aumentando o tamanho, melhorando o sabor, uniformizando a maturação e a coloração dos frutos.

Quanto à produção de frutos comerciais por planta (Tabela 9), os híbridos diferiram apenas no Céu Aberto, onde o Margarita (vermelho) foi mais produtivo que o Eppo (amarelo), haja vista, as maiores perdas por requeima do Eppo (amarelo). Quanto aos ambientes, verificou-se que, para o Margarita (vermelho), o Telado Vermelho não diferiu do Céu Aberto, que superaram o Telado Azul. Para o híbrido Eppo (amarelo), o Telado Vermelho promoveu maior produção (incremento de 4%) que Céu Aberto e Telado Azul, que não diferiram. Fallik et al. (2009) comparando malhas vermelhas com pretas, na produção de pimentão, ambas com 40% de sombreamento, também, encontraram maior produção de frutos comerciais sob malhas vermelhas. Rajapakse & Shahak (2007) citam resultados não publicados de (Ganelevin et al.) com alface e manjerição, em que conseguiram rendimentos de 25-50% superior em malha vermelha ou pérola, em relação às malhas azul ou preta.

Contudo, caso fosse calculada a viabilidade econômica de investir em uma estrutura telada para conseguir um incremento real na produção de apenas 4% (Tabela 9), concluiria-se pela não recomendação do uso de telas para as condições climáticas do de Goiânia - GO. Talvez utilizando sombreamento de 30%, conforme sugestão de Rajapakse & Shahak (2007), poder-se-ia alcançar maiores produtividades.

Ilić et al. (2011), em experimento realizado na Sérvia com pimentão, comparando 40% e 50% de sombreamento, também concluem que menores taxas de sombreamento promovem maior produção, independentemente da coloração das malhas.

A complexidade e a variabilidade da radiação natural de um lado, e as múltiplas reações da planta de outro, tornam difícil prever como uma dada manipulação da radiação solar irá afetar respostas vegetativas particulares (Stamps, 2009). Dessa forma, confirma-se a necessidade de mais estudos com relação ao uso das telas fotosseletivas na região Centro-Oeste do Brasil, sobretudo, quanto à taxa de sombreamento mais adequada e a interação entre coloração das telas e as diferentes culturas e cultivares.

## 1.11 CONCLUSÕES

- i. O uso de malhas com 40% ou mais de sombreamento, nas condições bioclimáticas de Goiânia Goiás, provoca estiolamento das plantas, maior comprimento do caule e menor número de folhas, quando comparado ao céu aberto.
- ii. Não há diferença entre os híbridos Margarita (vermelho) e Eppo (amarelo), para maioria das características avaliadas. Os híbridos diferem apenas no formato do fruto e na maior susceptibilidade do híbrido Eppo à requeima pelo sol, que lhe confere maior porcentagem de perdas.
- iii. O Telado Vermelho e, principalmente, o Telado Azul promovem redução no número de frutos e produção total de frutos por planta.
- iv. O uso de telados reduz as perdas por requeima pelo sol na produção de pimentão, sobretudo, para o híbrido Eppo.
- v. O Telado Azul promove menor produção de frutos comerciais por planta para os dois híbridos.
- vi. O Telado Vermelho promove ligeiro aumento na produção de frutos comerciais por planta, em comparação ao Céu Aberto, principalmente, para o híbrido

Eppo, em que houve aumento de 4%.

## 1.12 REFERÊNCIAS

ATKINSON, C. J.; DODDS, P. A. A.; FORD, Y. Y.; MIÉRE, J. L. E.; TAYLOR, J. M.; BLAKE, P. S.; PAUL, N. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. **Annals of Botany**, Londres, v. 97, n. 3, p. 429-441, 2006.

COMISSÃO. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª** Aproximação. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

COSTA, R. C.; CALVETE, E. O.; REGINATTO, F. H.; CECCHIETTI, D.; LOSS, J. T.; RAMBO, A.; TESSARO, F. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 98-102, 2011.

EMGOPA. Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª** Aproximação. Goiânia: UFG, 1988. 101 p.

FALLIK, E.; ALKALAI-TUVIA, S.; PARSELAN, Y.; AHARON, Z.; ELMANN, A.; OFFIR, Y.; MATAN, E.; YEHEZKEL, H.; RATNER, K.; ZUR, N.; SHAHAK, Y. Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing? **Acta Horticulturae**, Plovdiv, v. 1, n. 830, p. 37-44, 2009.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. 319 p.

HENZ, G. P.; COSTA, S. R.; CARVALHO, S. Como cultivar pimentão. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 42, n. 2 (caderno especial), p. 01-07, 2007.

ILIĆ, Z.; MILENKOVIĆ, L.; DUROVKA, M.; KAPOULAS, N. The effect of color shade nets on the greenhouse climate and pepper yield. In: 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture, 2011, Opatija. **Anais...** Croacia. p. 529-532.

KASPERBAUER, M. J.; Hamilton, J.L. Chloroplast structure and starch grain accumulation in leaves that received different red and far-red levels during development. **Plant Physiology**, Rockville, v. 74, n. 4, p. 967-970, 1984.

KITTAS, C.; BAILLE, A.; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Amsterdam, v. 73, n. 4, p. 341-351, 1999.

LEITE, C. A.; ITO, R. M.; LEE, G. T. S.; GANELEVIN, R.; FAGNANI, M. A. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of *Phalaenopsis*. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 1, n. 770, p. 177-184, 2008.

LI, J. C. Uso de mallas en invernaderos. **Horticultura Internacional**, Madrid, v. 8691, n. extra, 2006.

RAJAPAKSE, N. C.; SHAHAK, Y. Light quality manipulation by horticulture industry. In: WHITELAM, G.; HALLIDAY, K. (Ed.). **Light and Plant Development**. UK: Blackwell Publishing, 2007. p. 290-312.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762 p.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; COHEN, Y.; LURIE, S.; STERN, R.; KFIR, S.; NAOR, A.; ATZMON, I.; DORON, I.; GREENBLAT-AVRON, Y. ColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 1, n. 636, p. 609-616, 2004.

SHAHAK, Y.; RATNER, K.; GILLER, Y. E.; ZUR, N.; OR, E.; GUSSAKOVSKY, E. E.; STERN, R.; SARIG, P.; RABAN, E.; HARCAVI, E.; DORON, I.; GREENBLAT-AVRON, Y. Improving solar energy utilization, productivity and fruit quality in orchards and vineyards by photosensitive netting. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 1, n. 772, p. 65-72, 2008.

SHAHAK, Y.; YEHEZKEL, H.; MATAN, E.; BEN-YAKIR, D.; OFFIR, Y.; POSALSKI, I.; MESIKA, J.; ZOHAR, H.; SHMUEL, D.; SOLFOY, A.; RATNER, K.; ZUR, N. Colored shade nets improve production in bell peppers. **Gan Sade Vameshek**, Bet-Dagan, v. 4, n. 1, p. 37-40, 2006.

STAMPS, R. H. Use of Colored Shade Netting. **Horticulture Journal**, Alexandria, v. 44, n. 2, p. 239-241, 2009.

## CONCLUSÕES GERAIS

- i. Para o período estudado (maio/junho), a produção em estufa coberta com PEBD promove mudas com maior desenvolvimento e qualidade, do que as produzidas em telados com malhas fotosselativas vermelha e azul ou termorrefletoras, com 40% de sombreamento.
- ii. A variável temperatura influencia mais o desenvolvimento das mudas de pimentão do que alterações na RG e RFA.
- iii. O uso de malhas com 40% ou mais de sombreamento para produção, nas condições bioclimáticas de Goiânia, Goiás provoca estiolamento das plantas, maior comprimento do caule e menor número de folhas, quando comparado ao céu aberto.
- iv. O Telado Vermelho e, principalmente, o Telado Azul promovem redução no número de frutos e produção total de frutos por planta de pimentão.
- v. O uso de telados reduz as perdas por requeima pelo sol na produção de pimentão, sobretudo, para o híbrido coloridos, como o Eppo.
- vi. O Telado Vermelho promove ligeiro aumento na produção de frutos comerciais por planta, em comparação ao Céu Aberto, principalmente, para o híbrido Eppo, em que houve aumento de 4%.