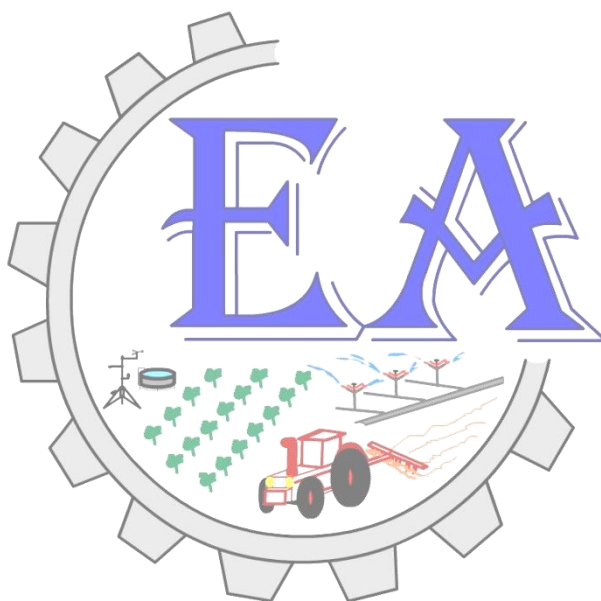




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Wagner Willen Cavalcanti Araquam

**CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTES
COBERTOS COM TELA DE SOMBREAMENTO
CULTIVADOS COM PIMENTÃO NO VALE DO SUBMÉDIO
DO SÃO FRANCISCO**



JUAZEIRO/BA

2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Wagner Willen Cavalcanti Araquam

**CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTES COBERTOS COM
TELA DE SOMBREAMENTO CULTIVADOS COM PIMENTÃO NO
VALE DO SUBMÉDIO DO SÃO FRANCISCO**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito da obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Gertrudes Macário de Oliveira

JUAZEIRO-BA
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

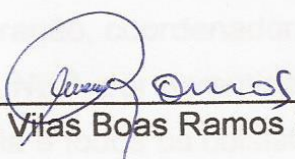
Wagner Willen Cavalcanti Araquam

**CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTES COBERTOS COM
TELA DE SOMBREAMENTO CULTIVADOS COM PIMENTÃO NO
VALE DO SUBMÉDIO DO SÃO FRANCISCO**

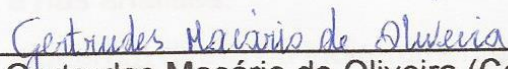
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 27 de setembro de 2013.

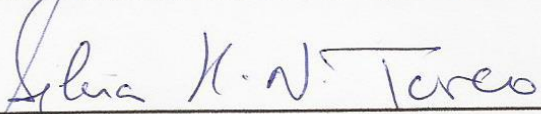
BANCA EXAMINADORA



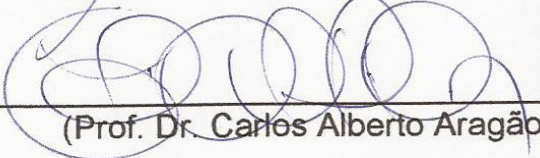
(Prof. Dr. Mário de Miranda Vivas Boas Ramos Leitão (Orientador) - UNIVASF).



(Prof^a. Dr^a. Gertrudes Macário de Oliveira (Coorientadora) – UNEB/DTCS).



(Prof^a. Dr^a. Sílvia Helena Nogueira Turco - UNIVASF).



(Prof. Dr. Carlos Alberto Aragão – UNEB/DTCS).

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois até aqui nos ajudou!

Aos meus pais, Nilton (*in memoriam*) e Vilma, que lutaram para me proporcionar uma educação de qualidade e chegar até aqui.

Aos meus familiares, especialmente, minha filha Lissa Maria, minha esposa Joyce e meu irmão Wando, que estiveram comigo nessa caminhada.

Aos meus orientadores, Professor Mário de Miranda e Professora Gertrudes, pela paciência e confiança.

Aos meus irmãos na fé, que me ajudaram espiritualmente e oraram por mim!

Aos meus amigos, especialmente, Evanilson, Phillip, Samuel e Rodrigo pelo apoio psicológico.

Ao Professor Luís Fernando (Luizinho) pela confiança e incentivo para realizar o curso.

Aos técnicos, Hudson e Manoel que me auxiliaram no Laboratório de Meteorologia. À UNIVASF, pela oportunidade de cursar o Mestrado.

A todos os professores, por compartilhar seus conhecimentos durante o curso.

Aos Técnicos e funcionários que me ajudaram direta e indiretamente na pesquisa.

Aos meus colegas de turma, especialmente, Américo, Juliano e Marcos Alexandre que tive maior afinidade.

À UNEB, pela parceria e subsídios dado para realização da pesquisa.

Ao Diretor do DTCS-UNEB, Professor Ruy de Carvalho Rocha, que permitiu a parceria e sempre se mostrou disposto a contribuir com a pesquisa.

Ao professor Carlos Alberto Aragão, coordenador do curso de Mestrado em Horticultura Irrigada – DTCS/UNEB, por garantir a realização do experimento.

Aos colegas Rodrigues, Zildélia e todos os bolsistas que me ajudaram na condução do experimento e nas análises.

A todos que me ajudaram direta ou indiretamente.

ARAQUAM, W. W. C. **Condições microclimáticas em ambientes cobertos com tela de sombreamento cultivados com pimentão no Vale do Submédio do São Francisco**. 2013. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Juazeiro-BA.

RESUMO

Em função das condições climáticas adversas: alta incidência de radiação solar e elevadas temperaturas, a região do Vale do Submédio do São Francisco apesar de ter uma grande capacidade de produção agrícola, enfrenta limitações em relação ao cultivo de olerícolas, principalmente no segundo semestre. Uma prática que tem sido introduzida como forma de minimizar essas condições adversas, é a utilização de coberturas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições microclimáticas em cultivo de pimentão coberto com tela de sombreamento. A pesquisa foi conduzida na área experimental da UNEB, Campus III, Juazeiro, BA. Foram instaladas três estruturas com dimensões 12 x 18 m e pé direito de 3 m, as quais foram cobertas com telas: azul, vermelha e cinza. Sob cada estrutura, bem como a céu aberto, foram efetuadas observações dos seguintes elementos meteorológicos: componentes do balanço de radiação; radiação solar nas faixas do ultravioleta, visível e infravermelho; temperatura do ar; umidade relativa do ar e velocidade do vento. Para tanto, foram instaladas estações micrometeorológicas em cada ambiente. A cultura utilizada foi o pimentão, híbridos: Eppo e Satrapo; adotando-se o delineamento experimental em esquema de parcelas subdivididas em três blocos ao acaso. Os resultados mostraram que as telas geraram um microclima diferente do observado a céu aberto. Nesses ambientes foi observado menos radiação solar global, menor temperatura do ar e menor velocidade do vento em comparação às mesmas variáveis observadas a céu aberto, sendo que as menores velocidades do vento ocorreram sob a tela vermelha. Os maiores valores de radiação global e de saldo de radiação, dentre os ambientes cobertos, foram registrados sob as telas vermelha e azul. As telas emitiram mais radiação de ondas longas do que a atmosfera, com os valores mais elevados registrados sob a tela cinza. A superfície sob as telas emitiu mais radiação de ondas longas do que a superfície gramada, a céu aberto, com os maiores valores sendo observados sob a tela vermelha. Para as telas azul e cinza, as transmitâncias observadas diferiram das indicadas pelo fabricante, enquanto para a tela vermelha foi muito próxima. O híbrido Eppo apresentou produtividade maior que o híbrido Satrapo, sob as três coberturas. O ambiente coberto com tela cinza apresentou a melhor produtividade, indicando que este proporcionou as melhores condições microclimáticas para o desenvolvimento da cultura do pimentão, para o período de primavera-verão.

Palavras-chave: Ambiente protegido, cultura do pimentão, telas de sombreamento, variáveis climáticas.

ARAQUAM, W. W. C. **Microclimate conditions in environments covered with shade cloth with bell pepper grown in the Valley of the Lower Basin of San Francisco**. In 2013. 67f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Vale do São Francisco - UNIVASF. Juazeiro-BA.

ABSTRACT

Due to the adverse weather conditions: high solar radiation and high temperatures, the Vale of the Lower Basin of San Francisco, despite having a great capacity for agricultural production, faces limitations related to vegetable harvests, especially in the second semester. A practice that has been introduced as a way of minimizing these adverse conditions is the coverage use. This study aimed to evaluate the microclimate conditions in cultivation of bell pepper covered with shade cloth. The research was conducted in the experimental area of UNEB, Campus III, Juazeiro, BA. Three structures with dimensions 12 x 18 m and ceiling height of 3 m were installed, which were covered with screens: blue, red and gray. Under each structure, as well as the sky open, observations were made of the following weather elements: components of the radiation balance; solar radiation in the band of ultraviolet, visible and infrared, air temperature, relative humidity and wind speed. Therefore, micrometeorological stations were installed in each environment. The culture used was the bell pepper, hybrid: Eppo and Satrapo; adopting the experimental design in scheme parcels subdivided into three randomized blocks. The results showed that the screens generated a microclimate different from that observed the sky open. In these environments was observed solar radiation less, air temperature lower and lower wind speed compared to the same variables observed the sky open, being that the lowest wind speeds occurred beneath the red screen. The highest values of global radiation and balance radiation, among environments covered, were recorded beneath the red and blue screens. The screens issued more radiation long-wave than the atmosphere, with the highest values recorded beneath the gray screen. The surface under the screens issued more longwave radiation than the grassy surface, open pit, with the highest values being observed under the red screen. For screens blue and gray, the transmittances observed differ from those indicated by the manufacturer, while for the red screen was very close. The Eppo hybrid productivity was greater than the hybrid Satrapo beneath the three coverage. The environment covered with gray screen showed the best yield, indicating that this provided the best microclimate conditions for the development of bell pepper, for the spring-summer period.

Keywords: Environment protected, bell pepper crop, shade screens, climatic variables.

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 01. Temperatura média mensal do ar: (A) temperatura máxima e (B) temperatura mínima das estações agrometeorológicas do CPATSA/EMBRAPA de Bebedouro em Petrolina, PE e de Mandacaru em Juazeiro, BA, para o período de 1965 a 2009. (Fonte: Teixeira, 2010)	23
Figura 02. Ambientes cobertos com tela de sombreamento Chromatinet® difusor azul, cinza, Leno vermelha e tipo de malha.	24
Figura 03. Sistema de aquisição de dados Micrologger e sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.	25
Figura 04. Net radiômetro usado para medir os componentes do balanço de radiação sob as telas.	25
Figura 05. Piranômetros espectrais utilizados para medir a transmitância da radiação pelas telas.	26
Figura 06. Produção de mudas em bandeja de isopor.	27
Figura 07. (A) Distribuição dos vasos sob as telas e (B) transplântio das mudas.	27
Figura 08. Irrigação por gotejamento em vaso na cultura do pimentão.	28
Figura 09. Medição do diâmetro e comprimento dos frutos do pimentão	31
Figura 10. Pesagem dos frutos.	31
Figura 11. Radiação solar global média horária sob as telas azul, cinza e vermelha e a céu aberto, durante o ciclo do pimentão.	34
Figura 12. Radiação solar global média diária sob as telas azul, cinza, vermelha e a céu aberto, durante o ciclo do pimentão.	35
Figura 13. Radiação média horária de onda longa emitida pelas telas azul, cinza e vermelha e pela atmosfera durante o ciclo do pimentão.	36
Figura 14. Radiação média horária de onda longa emitida pela superfície abaixo das telas azul cinza e vermelha e pela superfície a céu aberto.	37
Figura 15. Balanço de radiação de ondas longas e ondas curtas médio horário ao longo do ciclo do pimentão, a céu aberto e sob as telas: azul, cinza e vermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	38
Figura 16. Saldo de radiação (W/m^2) médio horário sob as telas azul, vermelha e cinza e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	39

Figura 17. Saldo de radiação diário ao longo do ciclo da cultura sob as telas vermelha, cinza e azul e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	40
Figura 18. Saldo de radiação diurno ao longo do ciclo da cultura sob as telas vermelha, cinza e azul e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	41
Figura 19. Fluxo de calor no solo (vaso) diário sob as telas azul, cinza e vermelha durante o ciclo de cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	42
Figura 20. Evapotranspiração de referência determinada pelo método de Peman-Monteith sob as telas azul, cinza e vermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	43
Figura 21. Evapotranspiração da cultura determinada pelo método de Peman-Monteith sob as telas azul, cinza e vermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	44
Figura 22. Distribuição das faixas de radiação sob a tela vermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	46
Figura 23. Distribuição das faixas de radiação sob a tela azul. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	46
Figura 24. Distribuição das faixas de radiação sob a tela cinza. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	47
Figura 25. Transmitância global sob as telas de sombreamento cinza, azul e vermelha durante o cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	47
Figura 26. Temperatura média diária do ar ao longo do ciclo de cultivo do pimentão sob as telas cinza, vermelha, azul e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	49
Figura 27. Temperatura média horária do ar ao longo do ciclo de cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	50
Figura 28. Fruto do pimentão com podridão apical.	51
Figura 29. Velocidade média horária do vento ($m s^{-1}$) sob telas e no ambiente externo, durante o cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	52
Figura 30. Umidade relativa do ar média horária (%) durante o dia, ao longo do ciclo de cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	53

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
Tabela 1. Transparência da radiação e suas faixas sob as telas azul, cinza e vermelha no cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	46
Tabela 2. Temperaturas do ar (°C) extremas sob as coberturas durante o experimento. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.	48
Tabela 3. Produtividade total de híbridos de pimentão sob tela: Chromatinet cinza (TCC); Chromatinet vermelha (TCV) e Chromatinet azul (TCA). Campus experimental DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2013.	55
Tabela 4. Produtividade comercial média de híbridos de pimentão sob tela: Chromatinet cinza (TCC); Chromatinet vermelha (TCV) e Chromatinet azul (TCA). Campus experimental DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2013.	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	A Cultura do pimentão.....	12
2.2	Cultivo em ambiente protegido.....	13
2.3	Radiação Solar.....	15
2.4	Influência das telas sobre as plantas e variáveis meteorológicas.....	17
2.5	Evapotranspiração.....	19
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	Área Experimental.....	22
3.2	Produção de mudas e transplântio.....	26
3.3	Irrigação.....	28
3.4	Solução nutritiva.....	29
3.5	Condução das Plantas.....	30
3.6	Colheita e classificação dos frutos.....	30
3.7	Graus-dia Acumulado.....	32
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	Radiação global.....	33
4.2	Radiação de ondas longas.....	35
4.3	Balço de radiação de ondas curtas e ondas longas.....	37
4.5	Saldo de radiação diário e diurno.....	39
4.6	Fluxo de calor no solo.....	41
4.7	Evapotranspiração de referência – Método de Penman-Monteith.....	42
4.8	Transparência das telas.....	44
4.9	Temperatura.....	48
4.8	Graus-dia acumulado.....	51
4.9	Velocidade do vento.....	52
4.10	Umidade do ar.....	53
4.11	Produtividade.....	54
5.	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXO A – Croqui da área experimental	66

1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma importante olerícola consumida em todo Brasil, de grande valor nutricional, rica em vitaminas e sais minerais. De acordo com Marouelli e Silva (2012), a área cultivada anualmente de pimentão no Brasil está em torno de 13 mil hectares, e tem uma produção de frutos próxima de 290 mil toneladas. A Bahia apesar de estar entre os maiores produtores de pimentão do Nordeste, as condições climáticas de algumas áreas de sua região semiárida impede o cultivo comercial dessa cultura em alguns períodos do ano, como o Vale do Submédio do São Francisco.

No vale do submédio São Francisco, as altas temperaturas e os elevados índices de radiação têm sido fatores limitantes da produção de olerícolas, principalmente no segundo semestre. Deste modo, a busca de tecnologias que minimizem os efeitos adversos do clima, tem sido o grande desafio dos pesquisadores. Neste sentido, Silva et al. (1999a), colocam que a utilização de coberturas em épocas de condições climáticas mais severas, desponta como alternativa para a horticultura, haja vista que ela reduz os efeitos da variabilidade ambiental, melhora o desenvolvimento dos cultivos, permitindo a produção durante todo o ano.

A época de plantio do pimentão na região do submédio São Francisco é de março a junho, quando as temperaturas são mais baixas e a radiação solar não é tão intensa, possibilitando maior rendimento do cultivo. Geralmente, os plantios realizados durante o segundo semestre, devido a maior incidência da radiação solar e as elevadas temperaturas, está sujeito a redução significativa de produtividade, pois isso gera uma ação negativa sobre a fisiologia das plantas. Logo, o uso de técnicas que favoreçam a melhoria do microclima, como o cultivo em ambiente protegido com telas, pode viabilizar a produção em regiões que apresentam condições climáticas adversas na primavera e no verão.

Portanto, devido à grande sensibilidade das hortaliças às adversidades meteorológicas no cultivo a céu aberto, a produção dessas culturas em ambientes protegidos está crescendo, com a finalidade de se obter maior produtividade, precocidade, melhor qualidade, e possibilidade de produção em período de entressafra e condição climática limitante. De acordo com Oliveira et al. (1992), a produtividade nesses ambientes excede significativamente as obtidas a campo,

sendo até três vezes maior, devido a não sofrerem a influência de fatores climáticos negativos que ocorrem nos cultivos a céu aberto. Segundo Ishikava e Figueiredo (2011), a produtividade média de pimentão de uma área de 1000 m² em campo aberto é 2500 Kg, enquanto que em ambientes protegidos atinge 12000 Kg, um ganho de 480%.

As coberturas nas práticas agrícolas têm sido bastante utilizadas, com o intuito de modificar o balanço de radiação do ambiente. A radiação solar atua diretamente sobre o desenvolvimento e o crescimento das plantas, bem como gera efeitos sobre os sistemas terrestres: balanço de radiação e de energia. Os elementos meteorológicos influenciam nas perdas de água da planta, sendo a radiação solar o principal elemento, fornecendo a energia necessária para os processos físicos (aquecimento/evaporação) e biofísicos (transpiração). Deste modo, a radiação solar é um fator muito importante em ambiente coberto, ao passar pela cobertura plástica sofre alterações (absorção e reflexão), logo apenas uma parte é transmitida para o interior do ambiente protegido. Assim, os balanços de radiação e de energia são reduzidos e bem diferentes daqueles observados a céu aberto.

O uso de diferentes telas condiciona às plantas a diferentes demandas de água, tendo em vista que as condições microclimáticas geradas sob cada tela dependem principalmente da radiação solar incidente sob as plantas, conseqüentemente influenciam a produtividade das culturas. Dessa forma, o conhecimento da radiação solar é fundamental para o manejo da irrigação, considerando que é o principal elemento meteorológico que condiciona todos os demais. Por outro lado, os seres vivos, especialmente os vegetais, são muito influenciados pela energia solar e as diferentes faixas do espectro produzem efeitos específicos sobre as plantas.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo principal estudar as condições microclimáticas em ambiente cultivado com pimentão cobertos com telas de sombreamento no Vale do Submédio do São Francisco, no período primavera-verão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma dicotiledônea pertencente à família das Solanaceae, tipicamente de origem americana, que ocorre de formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (FILGUEIRA, 2003). Seu sistema radicular pode atingir até 100 cm de profundidade, mas normalmente fica em torno dos 30 cm; seu caule é pubescente, a altura varia de 40-100 cm para plantio no campo e de 75-150 cm para cultivo protegido (LIMA et al., 2006).

No Brasil, o pimentão já ocupa a quinta posição entre as mais importantes hortaliças cultivadas (IBGE, 2007). Rico em sais minerais e em vitaminas, principalmente Vitamina C, do complexo B e A (no caso do pimentão amarelo e vermelho). É consumido na forma imatura ou madura ou, ainda, utilizado na indústria alimentícia e/ou na produção de pigmentos (SOUZA & NANNETTI, 1998). Seus belos frutos também são usados na decoração de saladas e pratos em geral, ou mesmo, devido a estrutura vegetal que possui, tem sido usada como planta ornamental.

Segundo Gil (1987), o pimentão é bastante susceptível a deficiências hídricas, que resulta em um crescimento reduzido e desuniformidade dos frutos. Assim, a suplementação adequada de água às culturas por meio da irrigação, constitui-se um fator fundamental para diminuição de riscos, melhoria da qualidade dos frutos e aumento de produtividade.

A cultura do pimentão se desenvolve e produz melhor em ambientes com temperatura relativamente elevada ou amena, sendo intolerante à baixas temperaturas e à geada. Diferenças entre as temperaturas noturnas e diurnas de 6°C favorecem a cultura (FILGUEIRA, 2003). Tivelli (1998) afirma que a temperatura mínima noturna para o desenvolvimento ótimo do pimentão é de 16 a 18°C e durante o dia de 20 a 25 °C, e a 15 °C apresenta desenvolvimento deficiente. Temperaturas noturnas inferiores a 15 °C provocam maior ramificação e floração, enquanto temperaturas elevadas induzem à floração precoce, sendo este efeito mais pronunciado com o aumento da intensidade de luz. Baixas temperaturas são limitantes, principalmente durante a germinação, a emergência e desenvolvimento

de mudas. Portanto, nestas condições faz necessário que o cultivo seja realizado em estufa ou em casa de vegetação.

Segundo Filgueira (2003), embora o pimentão floresça e frutifique em qualquer comprimento do dia, o florescimento, a frutificação e a maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos, favorecendo a produtividade. O ciclo da cultura está associado à quantidade de graus-dia (constante térmica) para cada estágio de desenvolvimento. Desta forma, o uso de tela de sombreamento pode proporcionar temperaturas menos elevadas e viabilizar o cultivo de algumas culturas em épocas desfavoráveis. Portanto, uma vez conhecida às temperaturas máximas e mínimas diárias para determinado local, tomando como base a constante térmica da cultura é possível estimar a duração do ciclo vegetativo da cultura e planejar o plantio para que a colheita ocorra na época desejada, o que irá possibilitar um maior retorno econômico. De acordo com Pereira (2006), em condição de sequeiro os melhores rendimentos da cultura do pimentão são obtidos para índices pluviométricos variando de 600 a 1200 mm, bem distribuídos durante o estágio de crescimento da cultura. No entanto, precipitações intensas durante a floração provocam queda de flores e o mau estabelecimento dos frutos. Solos com textura média, boa drenagem e pH entre 5,5 e 6,8 favorecem o desenvolvimento da cultura do pimentão.

2.2 Cultivo em ambiente protegido

Segundo Oliveira (1997) o cultivo em ambiente protegido permite uma série de vantagens para as culturas: menor lixiviação dos nutrientes do solo, controle mais eficiente de pragas e doenças, proteção contra intempéries climáticas como as chuvas, vento, granizo, frio e índices elevados de radiação e precocidade, gerando consequentemente melhoria na qualidade dos produtos e aumento de produtividade. Como desvantagens, Oliveira (1995) afirma que dependendo do clima da região e o tipo de cobertura utilizada deve-se ter cuidado especial com a elaboração de sistemas de irrigação e com a ventilação.

O saldo de radiação de ondas curtas em cultivos cobertos com telas de sombreamento, devido aos processos de atenuação (absorção e reflexão) da cobertura da radiação solar incidente, tende a ser menor que a céu aberto. Dessa forma, o cultivo em casa de vegetação configura-se como um sistema agrícola

especializado, no qual se controla o meio edafoclimático, alterando as condições, do solo, temperatura, radiação solar, vento, umidade e composição atmosférica (CASTILLA, 2005). Portanto, com o controle parcial das condições edafoclimáticas, o ambiente protegido permite a realização de cultivos em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção a céu aberto (PURQUERIO & TIVELLI, 2006).

Para Cunha et al. (2002), o cultivo protegido, apesar de receber menor quantidade de radiação solar global é mais eficiente na conversão da radiação líquida disponível em matéria seca total e na produtividade de frutos na cultura de pimentão, em relação ao cultivo a céu aberto. Os valores do saldo de radiação de ondas longas a céu aberto tendem a ser mais negativos, ou seja, ocorre maior perda de energia para a atmosfera do que no ambiente protegido, devido a cobertura dificultar a passagem da radiação de onda longa. Devido às suas características ópticas, a cobertura plástica atua como dispersante da radiação solar, aumentando a radiação difusa no interior do ambiente protegido. Este efeito é bastante desejável, uma vez que esse componente é multidirecional e mais importante para o processo de fotossíntese, devido a sua maior penetração no dossel, compensando, em parte, a opacidade do filme plástico à radiação solar (FARIAS et al., 1993).

As telas são projetadas, especificamente, para modificar a radiação incidente em termos de espectro e dispersão (ELAD et al., 2007). Conforme a cor da tela é possível modificar os padrões de crescimento das culturas (MACEDO et al., 2011) e gerar mudanças em várias características anatômicas, fisiológicas, morfológicas e bioquímicas das plantas (BRANT et al., 2009). As pesquisas mostram que para diversas espécies cultivadas sob tela de sombreamento de cor vermelha, em relação às telas azul e preta, as plantas apresentam maiores taxas de crescimento (OREN-SHAMIR et al., 2001).

A cobertura da casa de vegetação altera parâmetros como temperatura do ar e do solo, umidade do ar, vento, balanço de radiação e energia e, por consequência a evapotranspiração (GALVANI et al., 1998). O saldo de radiação é a principal fonte de energia para diversos processos naturais, entre os quais, o aquecimento do ar e do solo (fluxo de calor sensível e fluxo de calor no solo), a evaporação e a transpiração (fluxo de calor latente) e também a fotossíntese, além de participar indiretamente de outros processos (SENTELHAS et al., 2001).

2.3 Radiação Solar

A radiação solar apresenta um espectro contínuo de comprimentos de onda (λ), que segundo Pereira et al. (2007, p 72), do ponto de vista agrônômico pode ser condensado em três faixas principais, que englobam as radiações: ultravioleta, com $\lambda < 400$ nm, de alto poder biocida; visível, com $400 \text{ nm} < \lambda < 700$ nm, também denominada radiação fotossinteticamente ativa (RFA), devido o seu poder fotossintetizante; e a infravermelho próximo (IVP), com $700 \text{ nm} < \lambda < 3000$ nm, a qual é utilizada nos processos morfogênicos das plantas. A radiação de ondas curtas ao interagir com atmosfera e a superfície, sofre processos de atenuação (absorção, difusão e reflexão), logo apenas uma parte do que chega ao topo da atmosfera atinge a superfície. De acordo ainda com Pereira et al. (2007, p. 65), o espectro de radiação solar que chega a superfície é constituído predominantemente de radiação de ondas curtas (comprimento menores que 3000 nm) e a distribuição espacial e estacional dessa radiação é a grande causa dos fenômenos meteorológicos.

A transmitância global é a fração da radiação solar que chega à superfície terrestre. Em ambientes protegidos a mesma resulta dos processos de atenuação exercidos pela cobertura. A variação da transmitância também está associada a diversos fatores, tais como: tipo de cobertura (CRITTEN & BAILEY, 2002), espessura, idade e sujeira do material de cobertura (SANTOS et al., 2004). Henrique et al. (2011), afirmam que segundo o fabricante as telas confeccionadas com filme de polietileno de alta densidade e fios de monofilamento são resistentes à radiação ultravioleta e, em consequência da refração da luz direta pela estrutura de cristais, alteram o espectro da luz que as atravessa, reduzindo ou aumentando os picos de transmitância de radiação de determinados comprimentos de onda. Devido o entrelaçamento de seus fios, essas telas aumentam a porcentagem de luz difusa, o que gera maior cobertura luminosa sobre as plantas, principalmente sobre as folhas inferiores. A tela vermelha proporciona maior transmitância em comprimentos de onda na faixa de 590 a 750 nm (vermelho e vermelho-distante) e reduz a radiação de comprimento de onda nas faixas do azul, verde e amarelo. A tela azul reduz o espectro vermelho-distante e apresenta pico principal de transmitância em 470 nm

(azul), enquanto a tela cinza tem aumento no espectro vermelho e uma ligeira diminuição no espectro azul.

Nas superfícies cultivadas, o coeficiente de reflexão, é representado pelo percentual da radiação solar incidente que é refletida pelo solo e pela vegetação. A variação desse parâmetro depende da espécie cultivada, das condições de umidade da cultura, do ar e do solo, do percentual de cobertura do solo, coloração e arranjo foliar (espécie cultivada), ângulo de incidência dos raios solares (época do ano e hora do dia), da quantidade e do tipo de nuvens (LEITÃO et al., 1990). Durante o período diurno o saldo de radiação à superfície tende a ser positivo, pois os fluxos de radiação incidentes (global e atmosférico) são superiores à fração refletida e emitida pela superfície. Por outro lado, durante a noite, devido o fluxo incidente ser apenas o atmosférico, o qual é menor do que o fluxo emitido pela superfície, o saldo de radiação é negativo (PEZZOPANE et al., 1995).

A diferença entre os fluxos totais da radiação que chegam e saem de uma superfície, a qual é medida, normalmente em plano horizontal, formam o balanço de radiação. A radiação líquida é a soma do balanço de ondas curtas (BOC) que é emitido pelo Sol e sofre ou não modificações, com o balanço de ondas longas (BOL) que é emitida pela Terra. Logo, esses componentes estão associados a maior ou menor disponibilidade de energia, que segundo Pereira et al. (2007, p 69) nos sistemas vegetados a energia captada pode ser utilizada no aquecimento do ar e das plantas (H , *calor sensível*), no aquecimento do solo (G), na evapotranspiração (LE , *calor latente*), e nos processos de sínteses biológicas (F). Conforme Cunha et al. (2002), a energia consumida no processo de evapotranspiração tem origem na energia radiante e térmica oriundas da radiação solar. O crescimento e a produtividade das plantas estão diretamente relacionados com a água, e a maior parte da água utilizada pelas plantas é vaporizada para atmosfera por transpiração.

Em ambientes protegidos a radiação solar é o elemento meteorológico que mais afeta a evapotranspiração das culturas, tendo em vista que é a principal fonte de energia para este processo (STANGHELLINI, 1983). Entretanto, se a radiação solar for fornecida em altos níveis, pode induzir o fechamento estomático, reduzindo a transpiração, devido à elevação do déficit de saturação do ar no interior da estufa (BAILLE, KITTAS e KATSOULAS, 1994). Estudos conduzidos por Villele (1972) e Marcelis (1989) mostraram que o efeito da radiação é linear e positivo sobre o

controle estomático, se os níveis de radiação incidentes não forem suficientemente altos para induzir estresse hídrico nas folhas mais expostas.

Conforme Galvani (2001), a cultura do pepineiro em estufa coberta com polietileno diminuiu a intensidade da incidência de radiação solar por unidade de área no período diurno e, também, reduziu as perdas por emissão de radiação durante a noite. Rocha (2007) afirma que o uso de tela de sombreamento em cultura de tomateiro na região do Vale do São Francisco, durante o segundo semestre possibilitou a obtenção de altos níveis de produtividade, o que representa uma alternativa de cultivo para a região, em épocas nas quais os altos índices de radiação e as elevadas temperaturas impossibilitam o cultivo a céu aberto.

2.4 Influência das telas sobre as plantas e variáveis meteorológicas

Telas de sombreamento podem ser brancas, escuras (pretas ou cinzas), coloridas (azuis ou vermelhas), termorefletoras (aluminizadas). A finalidade do uso dessas telas está relacionada a fatores, como: redução da radiação fotossintética (excesso de radiação solar que, no verão, é prejudicial a muitas culturas de porte baixo); alteração da temperatura do ar e do solo; redução da evapotranspiração (consequente redução do volume de água na irrigação); melhora do rendimento da cultura e proteção contra chuvas fortes e granizo. Entretanto, é preciso tomar certos cuidados com seu uso, pois, em algumas situações (telas muito escuras e com grande capacidade de sombreamento), podem afetar o desenvolvimento da planta, na assimilação de CO₂ pela fotossíntese (fotoinibição e fotorrespiração) e causar problemas de estiolamento da planta (crescimento da planta em altura mais do que deveria, gerando enfraquecimento) (FIGUEIREDO & LEITE, 2011).

As malhas das telas são produzidas com aditivos especiais que as convertem em singulares filtros de luz, para manipular o espectro de luz solar. A qualidade da luz incidente sobre a cultura é mais benéfica, devido a malha da tela converter parte da luz direta em luz difusa. Deste modo, como a luz difusa é distribuída de forma mais uniforme às plantas estimula a fotossíntese. Diante disso, a manipulação do espectro solar pode influenciar o desenvolvimento da cultura. Essas telas também são freqüentemente usadas para reduzir o estresse por calor das culturas (RETAMALES et al., 2008), no entanto, no caso de casas de vegetação, como são

fechadas, a temperatura em seu interior durante o dia é geralmente maior do que externamente (PÉREZ et al., 2006). Já no interior de estufa Stamps (1994) afirma que a temperatura durante a noite pode ser mais baixa do que no ambiente externo, devido ao resfriamento radiativo.

Telas coloridas (azul e vermelha) agem principalmente sobre as hortaliças folhosas, alterando o espectro de luz, transformando esta luz em produção agrícola, pois alteram a intensidade luminosa, a qualidade da luz e a quantidade de energia que chegam as plantas, de acordo com a cultura e a cor da tela utilizada, além de alterar a radiação, atenuando a radiação direta e convertendo-a em radiação difusa, estimula a fotossíntese, favorecendo o crescimento. Estudos mostram que telas vermelhas têm se mostrado boas para o cultivo de folhosas, como a alface, pois aceleram o seu desenvolvimento, proporcionando maior ganho de peso às plantas (FIGUEIREDO & LEITE, 2011). Telas, independentemente da cor, reduzem a radiação que atinge as culturas e quanto maior o fator de sombreamento, mais bloqueada será a radiação solar direta. A redução da radiação solar pelas telas afeta a temperatura (do ar, solo, planta,) e a umidade relativa (STAMPS, 1994). Além de afetar a quantidade de radiação, as telas podem influenciar a direção dos raios solares. Telas de sombreamento e termo-refletores além de reduzir a luminosidade do ambiente, podem reduzir a temperatura em torno de 10 a 20% (ABAURRE et al., 2004). Por sua vez, a temperatura do ar varia principalmente em função da densidade de fluxo da radiação solar incidente e da ventilação, dependendo do tipo de área, localização, manejo das aberturas e velocidade de renovação do ar no interior do ambiente com tela (CRITTEN & BAILEY, 2002). As telas também podem afetar a concentração de gases resultantes da redução da mistura do ar (ROSENBERG et al., 1983). A velocidade do vento no interior de estufa é estimada em 5% do verificado externamente (FARIAS et al., 1994). Os efeitos sobre a circulação do ar dependerá da porosidade e localização física da tela em relação às plantas e pode ser afetada pela hora do dia, estação ano, e outros fatores (STAMPS, 2009). A redução da velocidade do vento pode se constituir uma vantagem, à medida que melhora a eficiência de defensivos, pois diminui as perdas por deriva, os riscos de danos mecânicos e a disseminação de esporos de fungos e patógenos. Por outro lado, a variação da umidade do ar no interior de estufas ou de ambientes com coberturas dependem principalmente da temperatura do ar e da ventilação. Segundo Elad et al. (2007), a umidade relativa do ar é frequentemente

mais elevada dentro do que fora de coberturas, devido o acúmulo do vapor de água transpirado pelas culturas e a redução da mistura com o ar mais seco do lado de fora da área telada, mesmo quando a temperatura interna do ambiente com tela é maior do que a externa (STAMPS, 1994).

As telas coloridas representam, então, um novo conceito agrotecnológico, tendo como finalidade combinar a proteção física com a filtração diferencial da radiação solar, para promover respostas fisiológicas específicas que são reguladas pela luz (BRANT et al., 2009). Assim, é plausível a hipótese de que alterações nas características espectrais da radiação solar podem modificar características estruturais e fisiológicas das plantas a partir das modificações microclimáticas do ambiente. Por outro lado segundo Rocha (2007), a utilização de telas de sombreamento possibilita a obtenção de altos níveis de produtividade para algumas culturas e/ou variedades, pois representa uma alternativa em épocas que as condições climáticas impossibilitam o cultivo a céu aberto.

2.5 Evapotranspiração

O processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas é o fenômeno denominado de evapotranspiração. O conhecimento deste processo nas culturas durante seu ciclo, assim como nos diferentes períodos de seu desenvolvimento, é fundamental para o planejamento e manejo da água na agricultura irrigada (DE JUAN, 1993). O conceito de evapotranspiração da cultura (ET_c) foi introduzido por Doorenbos & Pruitt (1977), caracterizando-a como sendo a evapotranspiração de uma cultura agrônômica, livre de doenças, que se desenvolve numa área cultivada de um ou mais hectares, em condições otimizadas de solo, água e fertilidade.

Jensen et al. (1990) afirmam que a estimativa da evapotranspiração de uma cultura específica (ET_c), na prática, é representada pela evapotranspiração potencial (ET_p) de uma cultura de referência, multiplicada por coeficientes de cultivo (K_c). A evapotranspiração potencial (ET_p) pode ser estimada pela evaporação de uma livre superfície de água (tanques evaporimétricos). Contudo, a taxa de evaporação de tanques varia com o tamanho do tanque e com as condições de contorno. Os autores sugerem que a ET_o pode ser definida como a taxa com que a água

disponível para uma cultura específica é arbitrariamente removida da superfície do solo e das plantas. A E_{To} é normalmente expressa como taxa de calor latente por unidade de área, por unidade de tempo ou lâmina de água evapotranspirada; é equivalente a evapotranspiração potencial, quando a evapotranspiração ocorre numa cultura que tem cobertura total do solo e umidade ideal.

Os principais fatores que interferem na evapotranspiração no interior da casa de vegetação são: radiação solar, balanço de energia, temperatura e a umidade relativa do ar. O conhecimento da evapotranspiração viabiliza o planejamento racional da irrigação, que associado a outros elementos meteorológicos, fornece subsídios básicos à delimitação de áreas mais adequadas ao desenvolvimento de determinadas grupos de espécies vegetais. O conhecimento deste processo é crucial na avaliação da quantidade de água exigida por determinada cultura, principalmente em regiões áridas ou com secas regulares, onde o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade é limitada pelo fator hídrico (GALVANI et al., 2001).

De acordo com Furlan (2001), a cobertura plástica utilizada em ambiente protegido é responsável por alterações significativas no balanço de radiação que ocorre no seu interior, isto acontece, devido à atenuação provocada pela cobertura na incidência da radiação solar, tendo como resultado a redução do saldo de radiação interno e, conseqüentemente, da evapotranspiração. Segundo Pereira et al. (2002), no interior de estufas a evapotranspiração é, geralmente, menor que aquela que ocorre no ambiente externo, isso se deve basicamente ao efeito da opacidade parcial da cobertura plástica à radiação solar, da redução da ação dos ventos e da maior umidade do ar, que são os principais fatores que impulsionam a demanda evaporativa da atmosfera. Martins (1992) em dois anos de pesquisa concluiu que sob a cobertura plástica, a evaporação foi cerca de 30% menor do que no campo, o que contribuiu para um menor consumo de água pela cultura no ambiente protegido. A variação entre a evapotranspiração do interior da casa de vegetação e a externa ocorre devido à diferença das condições meteorológicas; de forma geral, a evapotranspiração no interior situa-se em torno de 60-80% da verificada no exterior (PRADOS, 1986; ROSENBERG, MCKENNEY e MARTIN, 1989).

Uribe (2005) verificou que para um cultivo de cravo-de-defunto (*Tagetes sp.*) em ambiente protegido com telas, na região de Botucatu-SP, devido as modificações microclimáticas geradas, houve uma economia de água de 18,09%, em relação à

condição de campo a céu aberto. Além disso, houve uma melhor qualidade das flores, em um tempo menor. Cunha et al. (2002), observaram que o balanço de energia em cultivo protegido de pimentão apresentou menor quantidade de radiação líquida disponível, e com isso, menores perdas de energia, na evaporação da água e no aquecimento do ar próximo à superfície, conseqüentemente, houve economia de água e condições mais favoráveis para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2012 a janeiro de 2013, na área experimental do Departamento Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS) da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, no município de Juazeiro-BA (09° 24' 50" S; 40° 30' 10" W; e altitude 368 m). A cidade se localiza no Vale do Submédio do São Francisco, cuja temperatura mínima média segundo Teixeira (2010) varia de 18,4 a 22,2 °C, e máxima de 29,6 a 33,9 °C. Como pode ser observado na Figura 01, as menores temperaturas são registradas no mês de julho e as maiores no mês de novembro. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSwH, o que corresponde a um clima semiárido. De acordo com Teixeira (2010), o período mais seco do ano e de maior insolação ocorre de agosto a novembro. A precipitação média anual é de 529 mm, com o período chuvoso concentrado entre os meses de novembro e abril.

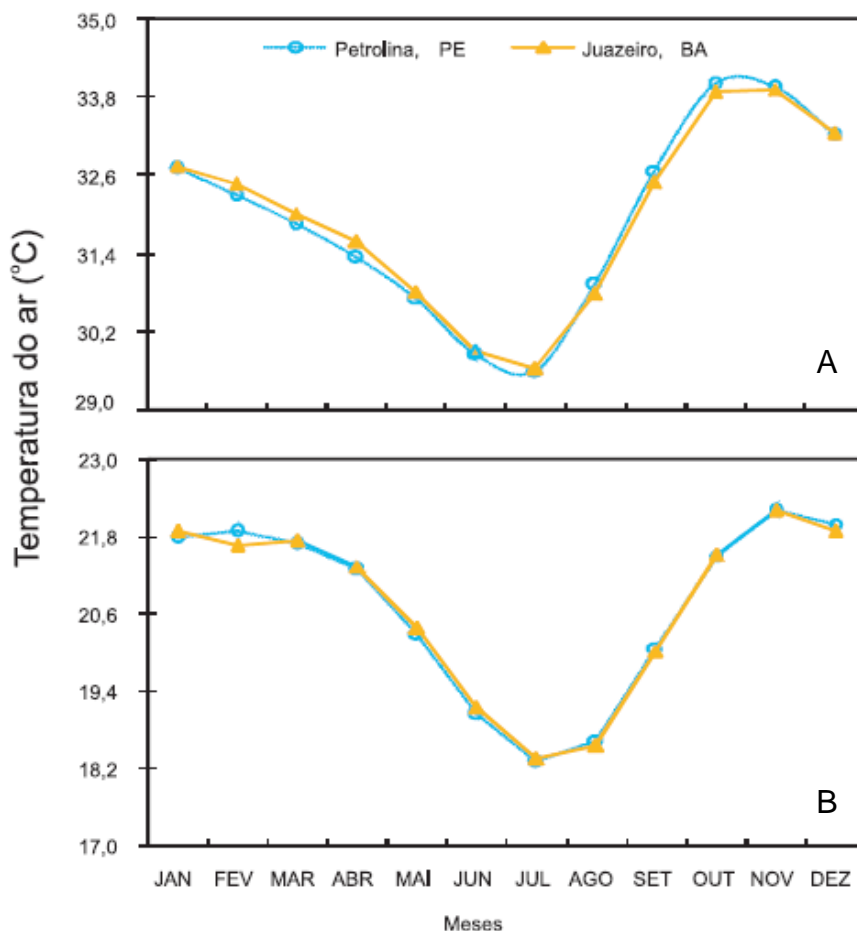


Figura 01. Temperatura média mensal do ar: (A) temperatura máxima e (B) temperatura mínima das estações agrometeorológicas do CPATSA/EMBRAPA de Bebedouro em Petrolina, PE e de Mandacaru em Juazeiro, BA, para o período de 1965 a 2009. (Fonte: Teixeira, 2010)

Três estruturas com 12 x 18 m e pé direito de 3,0 m foram montadas e cobertas com telas de sombreamento Chromatinet difusora de luz (Polysack Plastic Industries[®]): azul (35-40%) e cinza (40-45%) produzidas em teares Raschel (fita) e a Leno vermelha (18-21%) tecida com fios de monofilamento (Figura 02). Em cada um desses ambientes foi introduzida a cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), híbridos Eppo (Syngenta) e Satrapo (ISLA) de coloração verde/amarelo e amarelo, respectivamente.

Dessa forma, o experimento constou de 6 tratamentos, dois híbridos de pimentão combinados nos três ambientes com telas de sombreamento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas (ANEXO A), sendo três parcelas por bloco, quatro subparcelas de 4,2 m² (3,5 x 1,2 m) por parcela e sete plantas por subparcela.

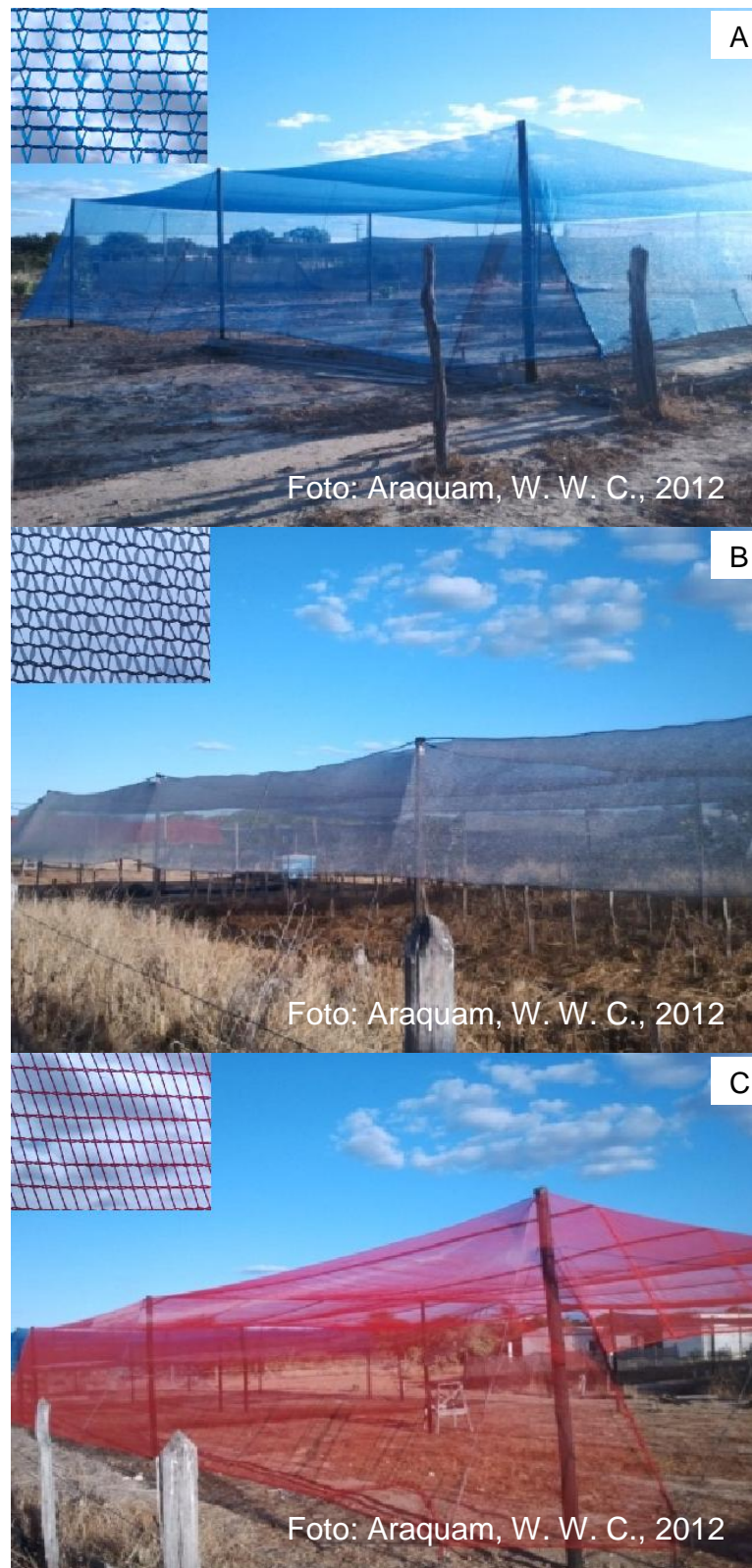


Figura 02. Ambientes cobertos com tela de sombreamento Chromatinet[®] difusor azul (A), cinza (B), Leno vermelha (C) e tipo de malha.

Para o monitoramento das condições microclimáticas foi instalado em cada ambiente, um sistema de aquisição de dados e sensores de temperatura e umidade relativa do ar (psicrômetros), velocidade do vento (anemômetros) (Figura 03), saldo de radiação (net radiômetros) (Figura 04), fluxímetros e piranômetros (Figura 05). Os piranômetros espectrais foram calibrados para medir em cada ambiente a radiação por faixa, no ultravioleta, visível e infravermelho, permitindo assim, juntamente com a radiação global, determinar o percentual de transparência de cada tela. Todos os sensores foram conectados ao sistema automático de coleta de dados “Micrologger CR1000” da Campbell Scientific Inc. alimentado por painel solar, programado para efetuar leituras a cada dois segundo, médias a cada 30 minutos.



Figura 03. Sistema de aquisição de dados Micrologger e sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.



Figura 04. Net radiômetro usado para medir os componentes do balanço de radiação sob as telas.



Figura 05. Piranômetros espectrais utilizados para medir a transmitância da radiação pelas telas.

Todos os dias os dados armazenados nos “microloggers” eram transferidos para um módulo de armazenamento e depois para um microcomputador para serem efetuados os cálculos e as análises. Os parâmetros monitorados foram os seguintes: temperatura e umidade relativa do ar a 1,5 m e velocidade do vento a 2 m do solo; fluxo de calor no solo (substrato); temperatura do solo, bem como os componentes do balanço de radiação: saldo de radiação, radiação solar global, radiação solar refletida, radiação de onda longa atmosférica e radiação de onda longa emitida pela superfície. Para determinação das radiações: visível, ultravioleta e infravermelha, os piranômetros espectrais Eppley foram instalados sob as telas e a céu aberto, e o monitoramento das condições climáticas externas foi efetuado na estação meteorológica do DTCS/UNEB, localizada a cerca de 50 m dos ambientes estudados.

3.2 Produção de mudas e transplântio

A semeadura foi realizada em casa de vegetação com tela preta com 30% de sombreamento, no dia 07/09/2013, permanecendo as mudas nesse ambiente até o transplântio. O preparo se deu em bandejas de isopor de 96 células, preenchidas com substrato Plantmax Hortaliças[®] HT e uma semente por célula (Figura 06). As mudas foram irrigadas três vezes ao dia por um sistema de irrigação tipo difusor,

com disparo automático pré-estabelecido, que proporcionou condição ótima de umidade às sementes, conforme o indicado para a produção de mudas. Após 45 dias do semeio (em 24/10/2013) ocorreu o transplântio para vasos de plástico de 5 L, sobre bandejas, com furos para drenagem, os quais foram cheios com substrato estéril (Plantmax[®]) a base de húmus de minhoca e vermiculita, misturado com pó de serragem, numa proporção 1:3. Esses vasos foram distribuídos sob as coberturas teladas em um espaçamento 0,5 m entre plantas e 1, 20 m entre fileiras (Figura 07).



Figura 06. Produção de mudas em bandeja de isopor.



Figura 07. (A) Distribuição dos vasos sob as telas e (B) transplântio das mudas.

3.3 Irrigação

A irrigação foi efetuada por gotejamento (Figura 08) com vazão efetiva dos emissores de 1,45 L/h e distribuição da água com 96% de uniformidade, segundo o cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC (1942).



Figura 08. Irrigação por gotejamento em vaso na cultura do pimentão.

$$CUC(\%) = 100 * \left(1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{N * \bar{X}} \right) \quad (1)$$

Em que,

X_i - precipitação observada em cada pluviômetro, mm;

\bar{X} - média das precipitações, mm;

N - Número de pluviômetros;

O manejo da irrigação ocorreu com base na evapotranspiração da cultura, a partir dos dados microclimáticos coletados diariamente sob cada tela, considerando o estágio fenológico, o coeficiente de cultura (K_c) do pimentão e a capacidade dos vasos, determinada por amostragem em laboratório através do método da diferença de pesagens antes e após a saturação com água. Na primeira irrigação os vasos foram umedecidos completamente e nas demais irrigações, a lâmina de água aplicada foi determinada tomando como base as perdas diárias, a partir da evapotranspiração da cultura proposta por Jensen (1968) calculada pela equação de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998).

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (2)$$

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{273 + T_m} \cdot u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (3)$$

Em que,

ET_o - Evapotranspiração de Referência (mm dia⁻¹);

R_n - Radiação líquida (MJ m⁻² dia⁻¹);

G - Fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

T_m - Temperatura média diária do ar a 1,5 m de altura, °C;

u_2 - Velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s⁻¹;

e_s - Pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a - Pressão atual de vapor, kPa;

$e_s - e_a$ - Déficit de saturação de vapor, kPa;

Δ - Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m , kPa °C⁻¹;

γ - Parâmetro psicrométrico, kPa °C⁻¹.

O coeficiente de cultivo (K_c) utilizado para cada fase fenológica, foi o sugerido por Marouelli e Silva (2012): 0,55 para a fase de estabelecimento; 0,80 para a fase de crescimento vegetativo; 1,05 para o florescimento e frutificação e 0,90 para o período da maturação até a colheita. A adubação foi efetuada via fertirrigação e a lâmina de irrigação aplicada três vezes ao dia.

3.4 Solução nutritiva

A solução nutritiva usada continuamente durante as irrigações foi adaptada da solução proposta por Goto e Rossi (1997) para fertirrigação em pimentão sob cultivo protegido, a qual, para o preparo de 1000 L de solução foram utilizados: nitrato de cálcio (650 g), nitrato de potássio (500 g), fosfato monopotássico MKP (170 g), sulfato de magnésio (250 g), nitrato de magnésio (50 g), ferro - EDTA (11g de cloreto de ferro diluídos em 400 mL de água + 15 g de EDTA dissódico, diluídos em 400

mL de água, completando 1 litro) e 150 mL da solução estoque de micronutrientes. Para essa solução o estoque de micronutrientes foi preparado com 16,70 g de ácido bórico, 15 g de cloreto de manganês, 0,82 g de cloreto de cobre, 0,33 g de óxido de molibidênio e 2,62 g de sulfato de zinco, diluídos em 1 L de água.

3.5 Condução das Plantas

As plantas foram tutoradas, amarradas por fitilhos de plástico em arames presos em estacas, para evitar o tombamento e quebra das hastes das plantas, devido ao aumento de peso a medida que se desenvolviam. A condução das plantas ocorreu conforme as sugestões de cultivo da empresa produtora das sementes, fazendo-se a desbrota antes da bifurcação e do ramo principal que precocemente já continha flor e fruto em desenvolvimento. Essa prática tem o intuito de evitar os efeitos prejudiciais da drenagem precoce dos nutrientes. Durante todo o cultivo foi feito o controle fitossanitário adotando-se um manejo racional, através da aplicação de defensivos agrícolas, mediante a constatação visual dos sinais ou presença de pragas na planta.

3.6 Colheita e classificação dos frutos

A primeira colheita ocorreu 72 dias após o transplântio (DAT), 04 de janeiro, e a quarta e última 93 DAT, no dia 25 de janeiro de 2013. Os frutos foram colhidos a partir do pedúnculo com 1 a 2 cm de comprimento e 50% ou mais de coloração amarela. Após a colheita foram medidos diâmetro e comprimento dos frutos (Figura 09), com paquímetro digital, bem como pesados em balança de precisão (Figura 10).

O padrão de qualidade obedeceu ao estabelecido comercialmente, em que os frutos menores que 40 mm de diâmetro e/ou 60 mm de comprimento foram descartados, juntamente com frutos que apresentavam qualquer injúria ou dano.



Figura 09. Medição do diâmetro e comprimento dos frutos do pimentão.



Figura 10. Pesagem dos frutos.

A produção por colheita realizada em cada ambiente estudado foi convertida para kg ha^{-1} e as médias comparadas entre si através do teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do software Assisat (SILVA & AZEVEDO, 2006).

3.7 Graus-dia Acumulado

O número de graus-dia acumulados foi determinado conforme propõe Villa Nova (1972), tomando como base a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura basal inferior da cultura de 16 °C (Doorenbos e Kassam, 1994; Tivelli, 1998).

$$GDA = \sum (T_{mdi} - 16^{\circ}\text{C}) \quad (4)$$

Em que:

GDA - graus-dia acumulados desde o transplântio até o final do ciclo comercial da cultura, em °C dia; e

T_{mdi} - temperatura média para o dia i, em °C.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Radiação global

Fazendo-se uma análise do comportamento da radiação global nos três ambientes com tela (Figura 11), verifica-se que esta foi inferior a registrada a céu aberto. Durante o ciclo da cultura, enquanto a média de radiação solar global máxima horária, registrada às 12 h, a céu aberto foi de $863,6 \text{ W.m}^{-2}$, sob a tela azul foi de $670,8 \text{ W.m}^{-2}$, sob a tela cinza de $522,8 \text{ W.m}^{-2}$ e sob a tela vermelha, a que deixou passar mais radiação, foi de $729,5 \text{ W.m}^{-2}$. Essa redução na radiação global também é verificada ao totalizar a média horária de todo ciclo, que enquanto a céu aberto foi de uma ordem de $423,3 \text{ W.m}^{-2}$, sob a tela vermelha foi de $329,6 \text{ W.m}^{-2}$, sob a tela azul de $312,7 \text{ W.m}^{-2}$ e sob a tela cinza de apenas $243,4 \text{ W.m}^{-2}$, uma redução de 22,1%, 26,1% e 43,9% respectivamente.

Ferreira et al. (2004) observaram uma redução de 14,6% na radiação solar global no cultivo de vinhedo sob cobertura de polietileno de baixa densidade, em forma de túnel, estufas denominadas de ambientes parcialmente modificados, em Jundiaí (SP). A mesma situação foi verificada durante todo ciclo da cultura para a incidência da radiação global média horária, com os três ambientes com telas apresentando valores médios horários inferiores ao ambiente a céu aberto. Em termos de total diário de radiação solar global, pode ser observado na Figura 12, que os valores a céu aberto oscilaram na faixa de 20 a $25 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, os quais, são superiores aos encontrados por Teixeira (2010) para o período de outubro a dezembro em Juazeiro-BA – média menor que $21 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. No entanto, deve ser considerado que esses valores observados por Teixeira (2010) representam uma média para o período de 1965 a 2009, enquanto o valor obtido nesta pesquisa representa uma condição de particular para apenas três meses de observação, período no qual não houve chuva e apresentou pouca nebulosidade. Dentre as telas, os maiores valores foram observados sob a vermelha, com índices variando em grande parte do ciclo entre 15 e $20 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, com mínimo e máximo respectivamente de 6,3 e $20,1 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ e um total de $1373,2 \text{ MJ.m}^{-2}$ durante o ciclo da cultura; em seguida sob a tela azul com índices variando de 15 a $18 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ com um total de $1298,0 \text{ MJ.m}^{-2}$ e por fim sob a tela cinza, a qual apresentou os menores valores, variando de 9 a $14 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, totalizando ao fim do ciclo da

cultura, $990,1 \text{ MJ.m}^{-2}$. Esses totais representaram aproximadamente 73% sob a tela vermelha, 69% sob a tela azul e apenas 53% sob a tela cinza, de um total de $1884,8 \text{ MJ.m}^{-2}$ de radiação global registrada a céu aberto durante o ciclo da cultura; demonstrando assim uma grande capacidade dessas telas, principalmente da tela cinza, de redução dessa radiação em um período de elevados índices radiativos sobre as culturas. Rocha (2007), em experimento nesta região, no mesmo período do ano, com tomate cereja cultivado sob diferentes tipos de telas, verificou também os menores valores de radiação global sob a tela Chromatinet difusor cinza, ambiente este em que a cultura apresentou melhor desempenho produtivo.

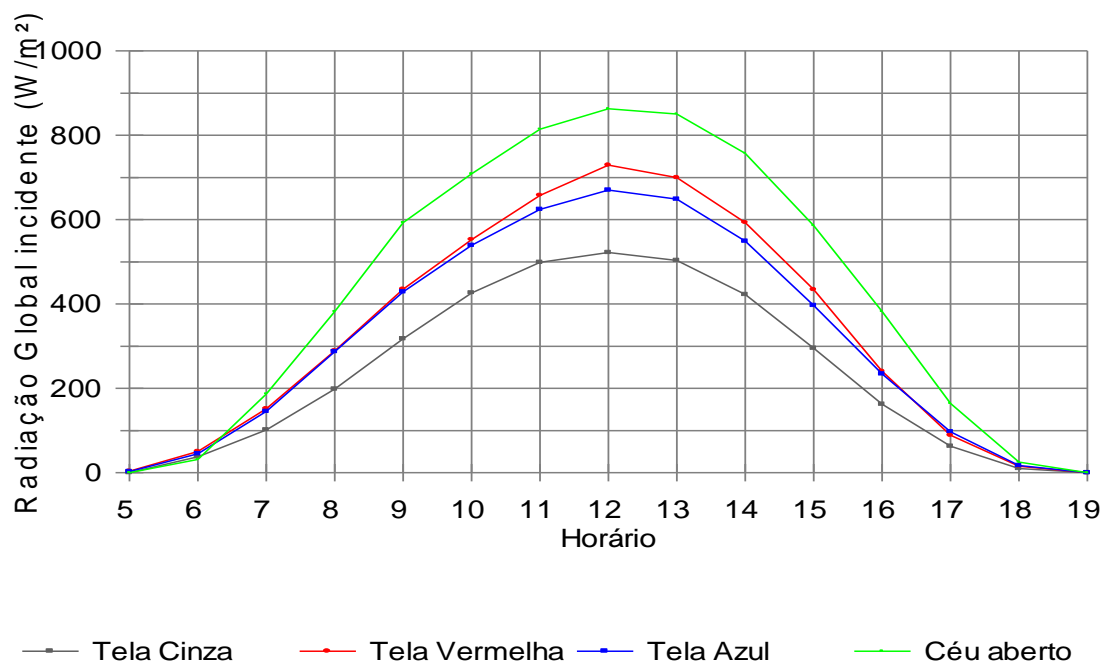


Figura 11. Radiação solar global média horária sob as telas azul, cinza e vermelha e a céu aberto, durante o ciclo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

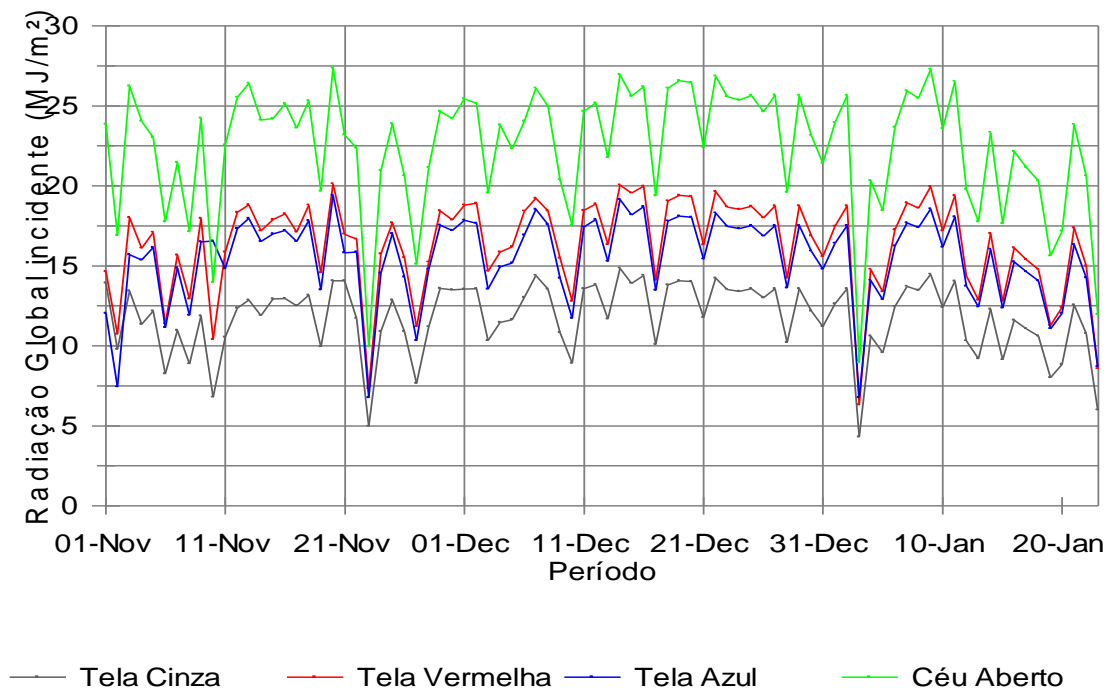


Figura 12. Radiação solar global média diária sob as telas azul, cinza, vermelha e a céu aberto, durante o ciclo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.2 Radiação de ondas longas

A radiação de ondas longas emitida pelas telas como se observa na Figura 13, foi superior àquela emitida pela atmosfera, e manteve-se superior aos 400 W.m^{-2} durante todo o dia. Essa maior emissão de radiação pelas telas ocorre devido a maior absorção de radiação por elas em comparação à atmosfera, efeito este da coloração e do material das telas. Logo, a tela de cinza, a de coloração mais escura, foi a que mais emitiu radiação de ondas longas em direção a cultura, cuja média máxima horária atingiu $474,4 \text{ W.m}^{-2}$, seguida da tela azul com $464,9 \text{ W.m}^{-2}$, e da tela vermelha com $449,5 \text{ W.m}^{-2}$. Por fim a emissão da atmosfera foi de $412,4 \text{ W.m}^{-2}$, todas no mesmo horário (14h).

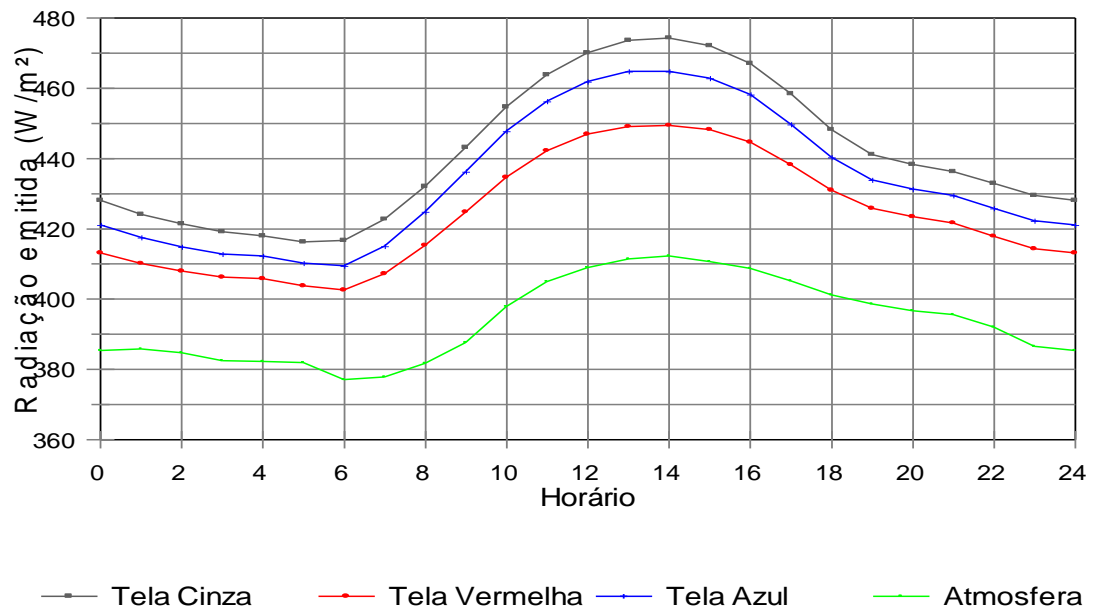


Figura 13. Radiação média horária de onda longa emitida pelas telas azul, cinza e vermelha e pela atmosfera durante o ciclo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

A radiação de onda longa emitida pela superfície sob as três telas, durante todo ciclo da cultura, foi superior a emitida pela superfície a céu aberto (gramado da estação meteorológica). Na tela vermelha ocorreram às 13 h os maiores índices, com a média máxima horária atingindo $587,9 \text{ W.m}^{-2}$. Nas telas azul e cinza as médias máximas horárias foram respectivamente de $573,5$ e $560,5 \text{ W.m}^{-2}$, enquanto que a radiação emitida pela superfície a céu aberto teve média máxima horária de $514,9 \text{ W.m}^{-2}$. Diferença de emissão de radiação nas superfícies sob as telas foi observada apenas durante o período diurno, principalmente nos horários mais quentes, como pode ser observado na Figura 14.

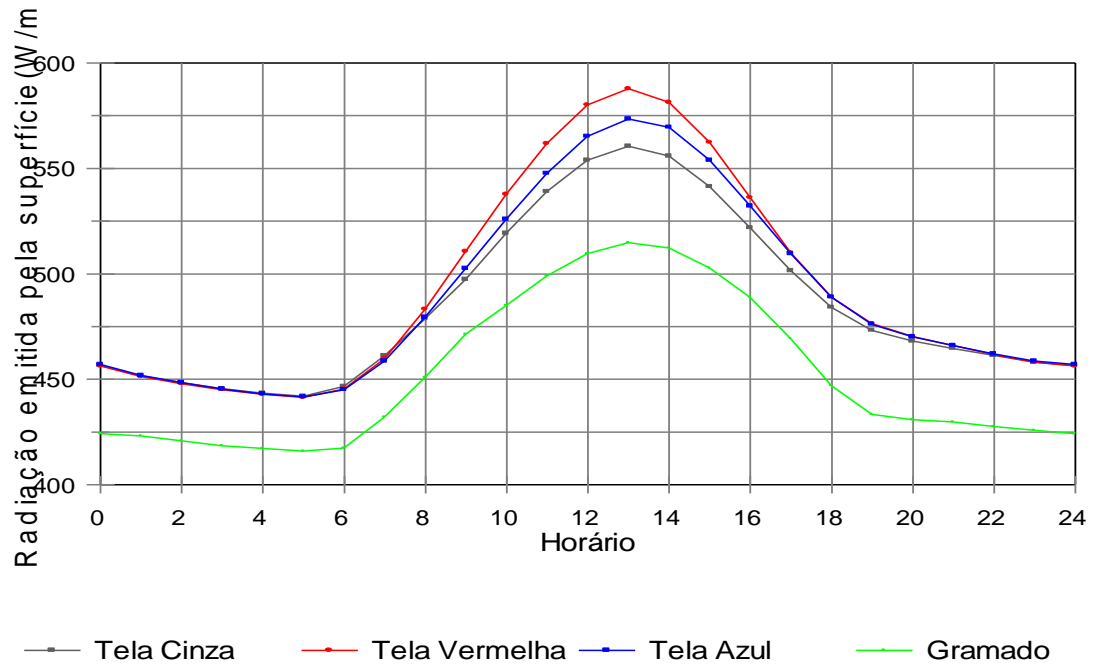


Figura 14. Radiação média horária de onda longa emitida pela superfície abaixo das telas azul, cinza e vermelha e pela superfície a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.3 Balanço de radiação de ondas curtas e ondas longas

O balanço de radiação de ondas curtas (BOC), conforme pode ser observado na Figura 15, foi menor nos três ambientes telados do que a céu aberto. Os menores valores foram registrados sob a tela cinza, na qual a média horária máxima foi de $411,3 \text{ W.m}^{-2}$, seguido da tela azul com $515,9 \text{ W.m}^{-2}$ e da tela vermelha com $554,5 \text{ W.m}^{-2}$, todos os valores correspondem ao horário de meio dia. Enquanto isso, no ambiente a céu aberto o balanço de radiação de ondas curtas médio horário atingiu um máximo de $698,6 \text{ W.m}^{-2}$.

Em relação ao balanço de radiação de ondas longas (BOL) mostrado na Figura 15, enquanto a céu aberto a média máxima horária foi de $-105,3 \text{ W.m}^{-2}$, na tela vermelha, a qual emitiu mais radiação de ondas longas, a média máxima horária foi de $-138,7 \text{ W.m}^{-2}$, na tela azul $-108,6 \text{ W.m}^{-2}$ e na tela cinza, a que teve a menor média máxima horária, $-83,9 \text{ W.m}^{-2}$, valores estes registrados às 13 h.

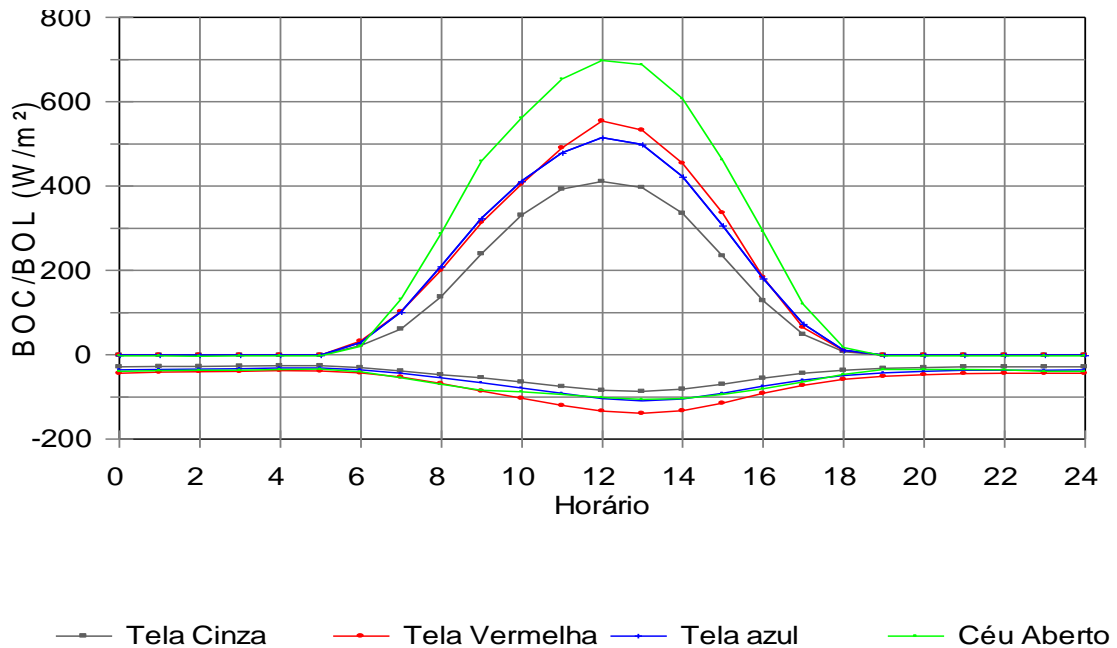


Figura 15. Balanço de radiação de ondas longas (BOL) e ondas curtas (BOC) médio horário ao longo do ciclo do pimentão, a céu aberto e sob as telas: azul, cinza e vermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.4 Saldo total de radiação

Os três ambientes cobertos com telas apresentaram saldos de radiação menores que o ambiente externo (céu aberto), apresentados na Figura 16. O saldo de radiação máximo sob a tela azul ocorreu às 11h do dia 03 de novembro, com valor de 606 W.m^{-2} . Já sob as telas cinza e vermelha, ocorreu em 08 de novembro às 12h, e os valores atingiram $487,9 \text{ W.m}^{-2}$ e $645,2 \text{ W.m}^{-2}$, respectivamente. Em relação à média máxima horária, o saldo de radiação na tela vermelha foi de $421,4 \text{ W.m}^{-2}$, na tela azul de $411,7 \text{ W.m}^{-2}$ e na tela cinza de $327,4 \text{ W.m}^{-2}$, todas registradas às 12h. Enquanto que, no ambiente externo (céu aberto) no mesmo horário o índice alcançou 598 W.m^{-2} . Em termos percentuais, a média horária do saldo de radiação sob as telas durante o ciclo da cultura, em comparação com o saldo observado a céu aberto, na tela azul correspondeu a 61,1%, na tela vermelha a 54,9 % e na tela cinza a apenas 46,2%. O saldo total de radiação para os 84 dias após o transplante DAT alcançou $740,8 \text{ MJ.m}^{-2}$ sob a tela cinza, $889,4 \text{ MJ.m}^{-2}$ sob a tela vermelha e $901,8 \text{ MJ.m}^{-2}$ sob a azul, representando respectivamente 60,0, 72,2

e 73,2% do que foi observado para o mesmo período a céu aberto ($1231,3 \text{ MJ.m}^{-2}$). Cunha et al. (2000) encontrou para o cultivo de pimentão no Estado de São Paulo, um percentual de saldo de radiação sob ambiente protegido semelhante a observada sob a tela azul, 76,13% de um total de $1879,83 \text{ MJ.m}^{-2}$ (195 DAT) observado a céu aberto.

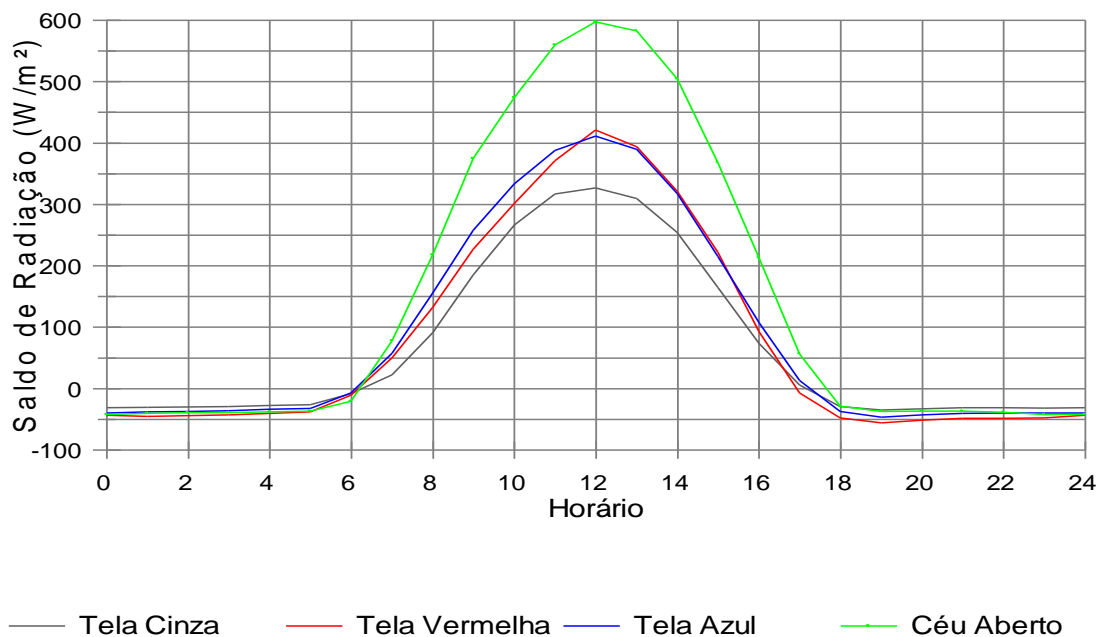


Figura 16. Saldo de radiação médio horário sob as telas azul, vermelha e cinza e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.5 Saldo de radiação diário e diurno

O saldo de radiação diário em relação ao ambiente a céu aberto, também foi menor sob as telas, como se observa na Figura 17. Os valores sob as telas variaram entre 5 e 8 MJ.m^{-2} e a céu aberto entre 10 e 15 MJ.m^{-2} . Em termos de mínimos e máximos foram observados valores de $4,0$ e $16,4 \text{ MJ.m}^{-2}$ a céu aberto, de $1,9$ a $10,5 \text{ MJ.m}^{-2}$ na tela azul, de $1,3$ a $9,8 \text{ MJ.m}^{-2}$ na tela vermelha, enquanto os menores valores, $1,2$ a $8,4 \text{ MJ.m}^{-2}$, foram registrados sob a tela cinza. Esses dados indicam maior influência da tela cinza no ambiente, em comparação com a tela azul e a tela vermelha.

Fazendo-se a análise para o balanço de radiação no período diurno (Figura 18), verifica-se a mesma similaridade em relação ao saldo de radiação diário, com o

saldo no ambiente externo superior ao observado sob os ambientes com tela, com os valores variando entre 12 e 17 MJ.m⁻², com mínimo e máximo respectivamente, de 5,5 e 17,9 MJ.m⁻². A tela vermelha e a tela azul apresentaram comportamentos semelhantes, principalmente do meio para o fim do ciclo, com os valores na maior parte do tempo variando entre 10 e 12 MJ.m⁻². O mínimo e o máximo na tela azul foram respectivamente 2,7 e 13,9 MJ.m⁻² e na tela vermelha 2,5 e 14,3 MJ.m⁻². Sob a tela cinza, foi observado o menor saldo de radiação diurno, com valores na faixa de 8 a 10 MJ.m⁻², mínimo e máximo de 2,0 e 12,2 MJ.m⁻² respectivamente. O saldo de radiação diário normalmente é menor que o diurno como é possível observar ao comparar as Figuras 17 e 18, pois os valores durante o dia são tipicamente positivos, enquanto no período noturno devido as perdas de radiação de onda longa, ocorrem muito mais valores negativos, que são contabilizados no saldo de radiação diário.

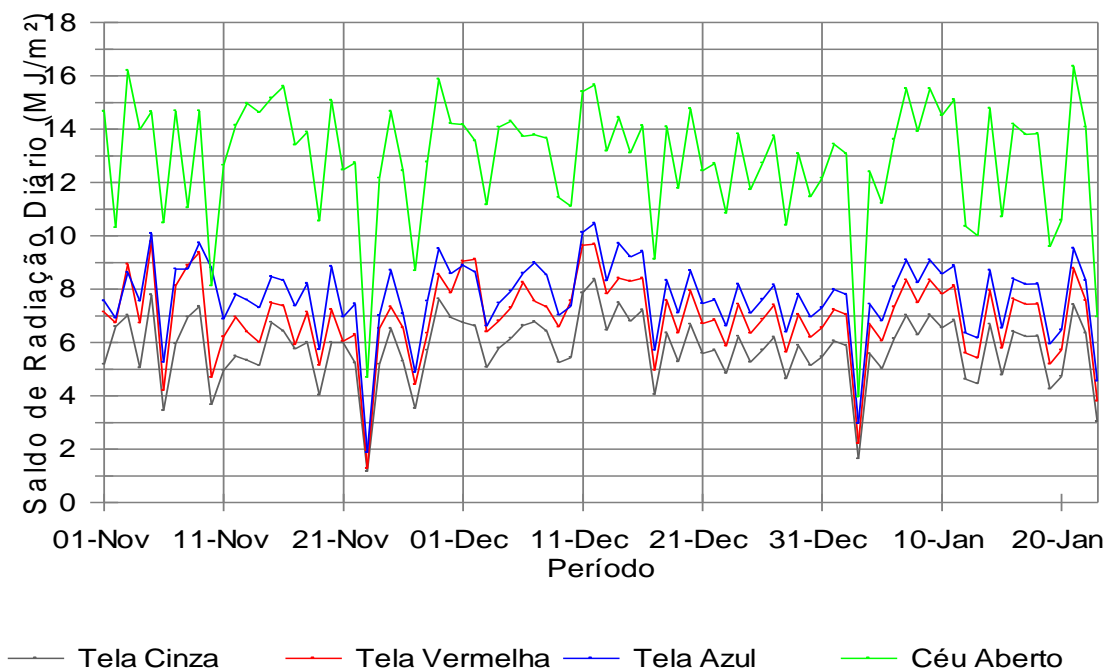


Figura 17. Saldo de radiação diário ao longo do ciclo da cultura sob as telas vermelha, cinza e azul e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

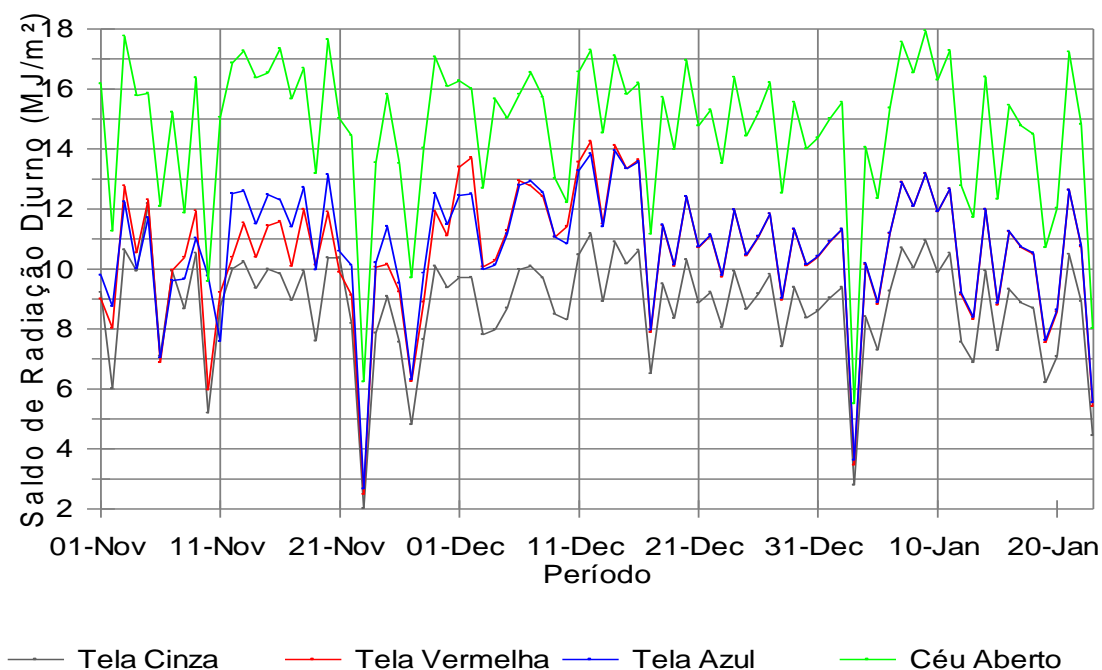


Figura 18. Saldo de radiação diurno ao longo do ciclo da cultura sob as telas vermelha, cinza e azul e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.6 Fluxo de calor no solo

Conforme é apresentado na Figura 19, o fluxo diário de calor no solo medido dentro dos vasos foi maior no ambiente com tela azul, onde também foi registrado o maior saldo de radiação, seguido do ambiente com tela cinza onde ocorreram os maiores valores de radiação emitida pelas telas. Os vasos sob a tela vermelha foram os que apresentaram os menores fluxos de calor e a diferença entre os valores observados na tela vermelha e as telas azul e cinza, foram mais acentuados do meio para o fim do ciclo da cultura. Na tela azul os fluxos mínimo e máximo foram respectivamente 0,106 e 0,237 MJ.m⁻², na tela cinza 0,105 e 0,226 MJ.m⁻² e na vermelha 0,09 e 0,201 MJ.m⁻².

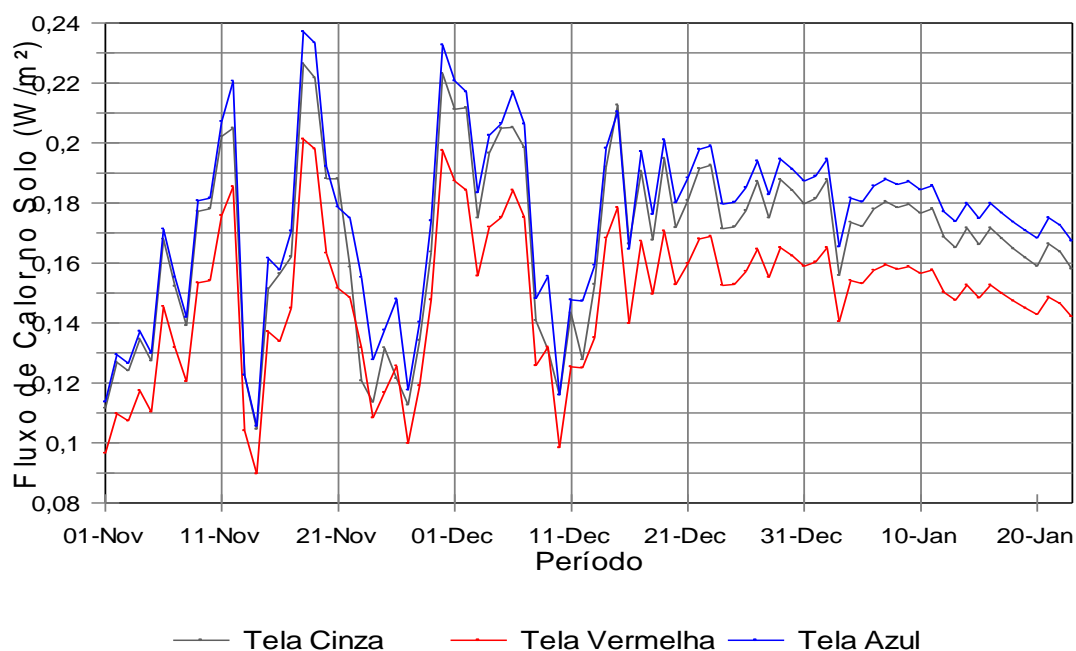


Figura 19. Fluxo de calor no solo (vaso) diário sob as telas azul, cinza e vermelha durante o ciclo de cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.7 Evapotranspiração de referência – Método de Penman-Monteith

A evapotranspiração de referência (ET_o), determinada pelo método sugerido pela FAO - Penman-Monteith, da mesma forma como o fluxo de calor no solo, foi superior no ambiente com a tela azul durante quase todo ciclo, seguido das telas cinza e vermelha (Figura 20), o que demonstra uma relação estreita do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo com a evapotranspiração. Verifica-se também, que a evapotranspiração da cultura sob as três telas teve um crescimento, do período inicial até a metade do ciclo da cultura, fase de grande crescimento vegetativo. Isso ocorreu devido ao desenvolvimento da cultura e a maior exposição da área foliar à incidência da radiação solar e consequente aumento do coeficiente da cultura (K_c). Os maiores valores de ET_c , observados na Figura 21, ocorreram também do meio para a fase final de desenvolvimento da cultura, entre novembro e meados de dezembro, época de maior incidência de radiação e de temperaturas mais elevadas. No dia 30 de novembro a evapotranspiração máxima na tela azul atingiu $7,2 \text{ mm.dia}^{-1}$, na tela cinza $7,1 \text{ mm.dia}^{-1}$ e na tela vermelha $6,2 \text{ mm.dia}^{-1}$. Da

metade para próximo do fim do ciclo a evapotranspiração da cultura manteve-se entre 4,0 e 6,0 mm.dia⁻¹, e na fase final do cultivo, período de frutificação e colheita, apresentou uma redução. A evapotranspiração da cultura durante o ciclo de desenvolvimento da cultura totalizou: na tela azul, a que teve a maior evapotranspiração, 353,3 mm; na tela vermelha, 326,0 mm; e na tela cinza, a que apresentou a menor evapotranspiração, 324,9 mm.

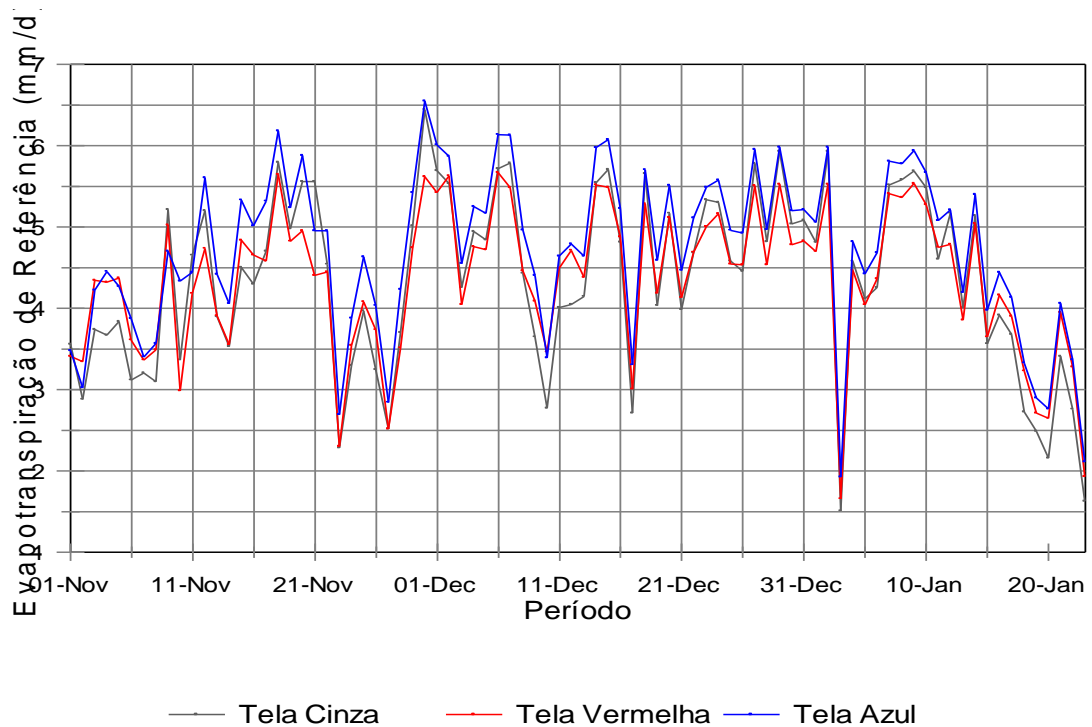


Figura 20. Evapotranspiração de referência determinada pelo método de Peman-Monteith sob as telas azul, cinza e vermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

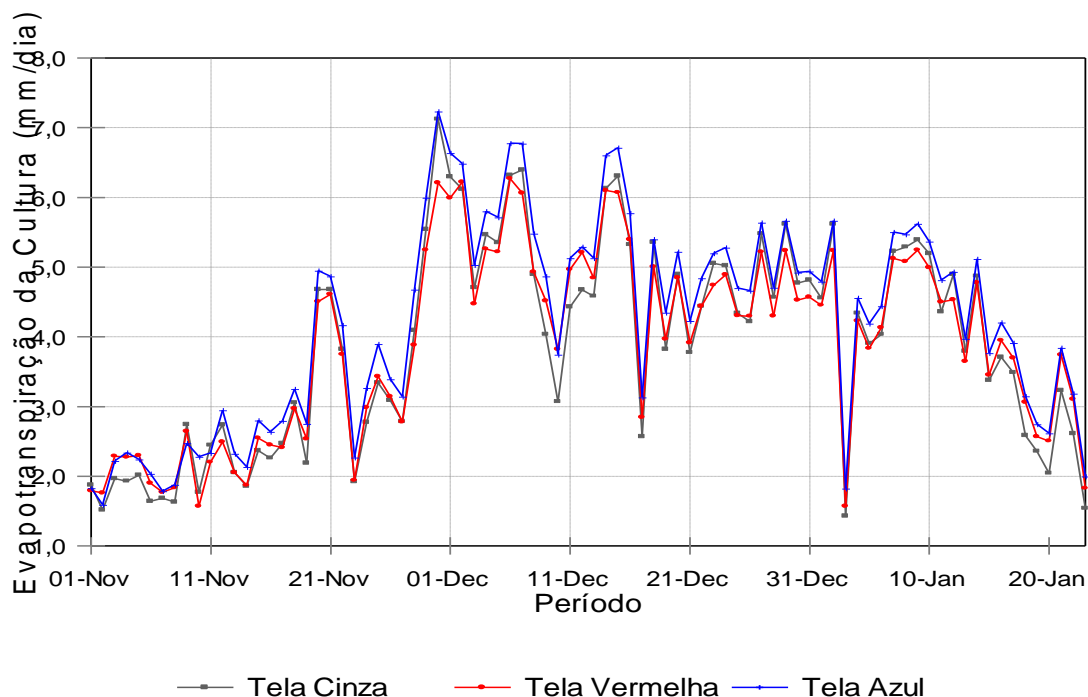


Figura 21. Evapotranspiração da cultura determinada pelo método de Peman-Monteith sob as telas azul, cinza e vermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.8 Transparência das telas

Conforme pode ser observado na Tabela 01, as telas de sombreamento Chromatinet azul (35-40%) e Chromatinet cinza (40-45%) apresentaram índices de transmitâncias diferentes do esperado, respectivamente 71,8 e 51,4%. A radiação global sob a tela azul foi aproximadamente 7% maior que o índice máximo de transparência esperado para esta tela (60-65%), enquanto que a tela cinza apresentou índice cerca de 4% menor do limite mínimo de transparência esperado (55-60%). Em contra partida, a tela de sombreamento Chromatinet vermelha (18-21%) apresentou transmitância de 78,4%, ou seja, índice bem próximo do índice mínimo de transparência indicado pelo fabricante (79-82%). Rocha (2007) também obteve para a mesma tela cinza, denominada Chromatinet difusor, em um cultivo de tomateiro uma transmitância de 51,4% para a radiação global.

Na Tabela 1 também é mostrado que a radiação por faixa de comprimento de onda foi diferente para cada tela: na faixa do ultravioleta (10 - 400 nm) a tela vermelha e a tela azul foram pouco eficientes em bloquear essa radiação, impediram

apenas a passagem de 12,8 e 7,0%, respectivamente; a tela cinza, no entanto, foi mais eficiente deixou passar 37,6%. Em relação à transmitância de radiação visível (400-700 nm), também denominada radiação fotossinteticamente ativa (RFA), enquanto a tela cinza deixou passar menos de 50%, a vermelha deixou passar 66% e a tela azul 58%. Esses valores representam respectivamente 36,8; 33,7 e 32,3%, da radiação solar global observada embaixo de cada tela. Cantu et al. (2013) observou para ambientes cobertos com telas e cultivados com rúcula, uma situação oposta, ou seja, uma superioridade em termos percentuais, embora pequena de RFA sob a tela azul em comparação com a tela vermelha.

Em relação à radiação com comprimento de onda acima da faixa do ultravioleta (400-3000 nm), enquanto a tela cinza deixou passar 50,3%, a tela azul deixou passar 69,5% e a tela vermelha 77,3%. Percebe-se que da mesma forma que aconteceu com a transparência da radiação global, houve uma diferença acentuada para essa faixa de radiação entre as transmitâncias observadas nas três telas estudadas. Finalmente, fazendo-se uma análise para a faixa da radiação infravermelha (700-3000 nm) verifica-se que a tela cinza apresentou a menor transparência (52,7%), enquanto a tela azul e a vermelha bloquearam bem menos esse comprimento de onda, com altos índices de transmitância, 78,9% e 86,3% respectivamente. Estes dados indicam que a tela vermelha foi muito transparente a essa banda de radiação, deixou passar 33,6% a mais do que a tela cinza e 7,4% a mais do que a tela azul. Em resumo, as telas apresentaram diferentes transparências para os comprimentos de onda estudados, em função dos diferentes percentuais de sombreamento dos três tipos de telas, dando-se destaque a tela cinza que apresentou os menores índices de radiação, conforme é apresentado nas figuras 22, 23 e 24.

De modo geral, a maior transparência de radiação nas telas vermelha e azul proporcionou maior incidência de radiação global sobre a cultura do pimentão e conseqüentemente, houve uma maior disponibilidade de radiação principalmente na faixa do infravermelho, o que pode ter afetado o desenvolvimento da cultura.

Tabela 1. Transparência da radiação e suas faixas sob as telas azul, cinza e vermelha no cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

	Transparência (%)				
	Radiação				
	Global	Ultravioleta	Visível	Infravermelha	Vis+Inf
Tela Cinza	51,4	62,4	47,2	52,7	50,3
Tela Vermelha	78,4	87,2	66,0	86,3	77,3
Tela Azul	71,8	93,0	58,0	78,9	69,5

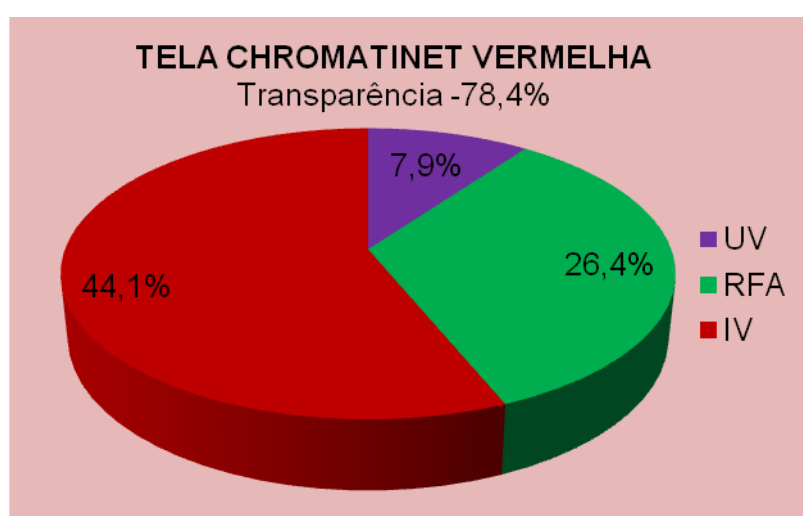


Figura 22. Distribuição das faixas de radiação sob a tela vermelha. UV – Radiação Ultravioleta; RFA – Radiação Fotossinteticamente Ativa; IV – Radiação Infravermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

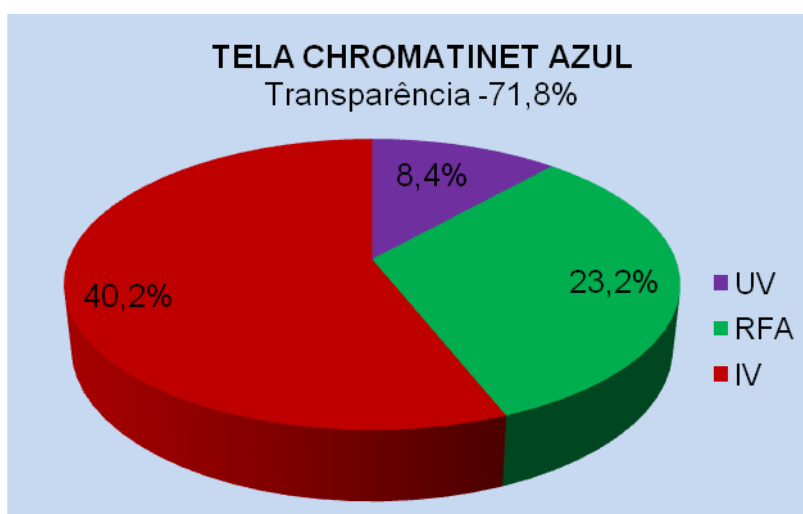


Figura 23. Distribuição das faixas de radiação sob a tela azul. UV – Radiação Ultravioleta; RFA – Radiação Fotossinteticamente Ativa; IV – Radiação Infravermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

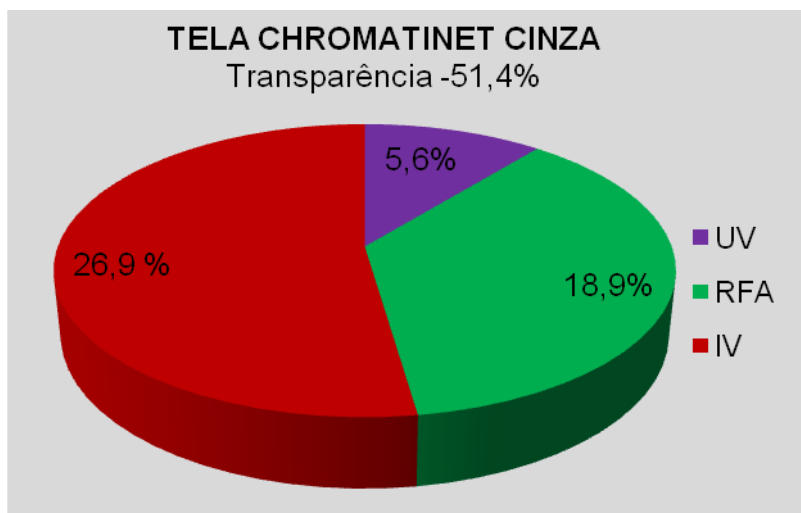


Figura 24. Distribuição das faixas de radiação sob a tela cinza. UV – Radiação Ultravioleta; RFA – Radiação Fotossinteticamente Ativa; IV – Radiação Infravermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

Conforme pode ser observado na Figura 25, sob as três telas, houve redução da radiação incidente em todas as faixas de comprimento de onda, com a tela cinza, em comparação com a tela vermelha e a tela azul, apresentando as menores transmitâncias para todas as faixas de radiação analisadas. Por outro lado, a tela azul, exceto para a radiação ultravioleta apresentou a mesma situação, ou seja, menor transparência em relação à tela vermelha. Silva et al. (2011) observaram em ambiente protegido que, os valores médios diários da radiação solar interna foram menores do que no ambiente externo e que a transmitância média da cobertura plástica foi da ordem de 54%.

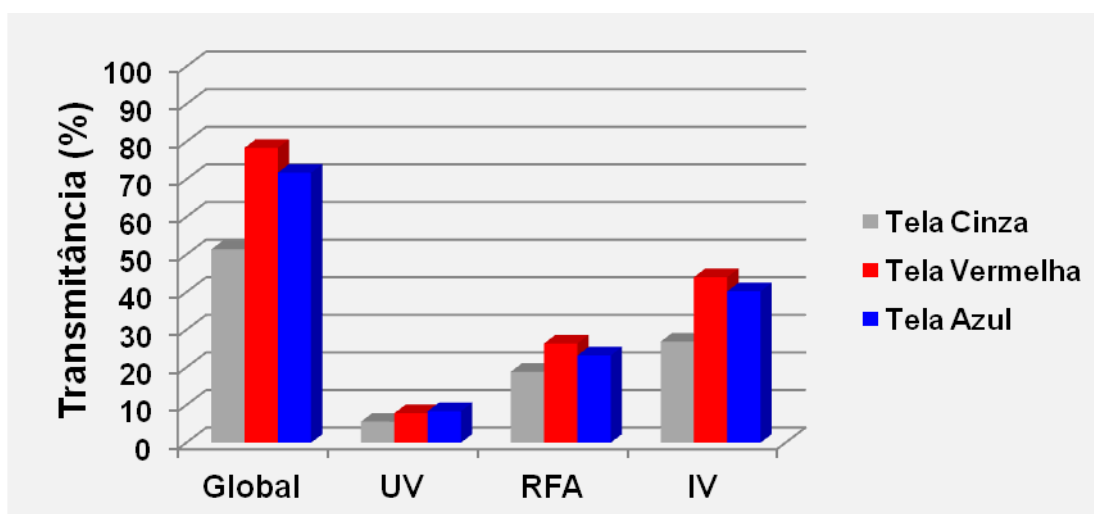


Figura 25. Transmitância global sob as telas de sombreamento cinza, azul e vermelha durante o cultivo do pimentão. Global – Radiação Global; UV – Radiação Ultravioleta; RFA – Radiação Fotossinteticamente Ativa; IV – Radiação Infravermelha. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

4.9 Temperatura

A temperatura média do ar sob as telas durante o período experimental variou de 23,6 a 34,5°C. As temperaturas extremas (máxima e mínima) registradas sob cada tela são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Temperaturas do ar (°C) extremas sob as coberturas durante o cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

Temperatura	Tela Chromatinet		
	Cinza	Vermelha	Azul
Máxima	37,5 (04/11 às 15h00min)	37,7 (04/11 às 15h00min)	37,2 (01/11 às 13h30min)
Mínima	21,5 (14/11 à 01h00min)	21,4 (14/11 à 01h30min)	21,2 (14/11 à 01h30min)

Analisando-se os dados apresentados na tabela 3, verifica-se que durante o cultivo do pimentão ocorreram temperaturas elevadas, ou seja, temperaturas maiores do que 37°C, valor superior ao recomendado para a cultura. Segundo Tivelli (1998), temperaturas na faixa de 15 a 18°C e superior a 35° podem comprometer a floração e a fotossíntese. No entanto, como se observa na Figura 26, durante todo ciclo de cultivo, a temperatura nos ambientes telados foram inferiores àquelas do ambiente externo. Enquanto a céu aberto ocorreram médias diárias próximas dos 30 °C, sob as telas estiveram próximas de 28 °C. A diferença de mais de 1°C manteve-se em quase todo o ciclo, demonstrando que houve um efeito positivo das telas na diminuição da temperatura. Nestes ambientes com tela, também ocorreram as menores incidências de radiação solar global e os menores saldos de radiação. Lulu e Júnior (2006) não verificaram diferença significativa entre as temperaturas dos tratamentos com e sem cobertura plástica em cultivo de vinhedo em Jundiá (SP), apesar de se tratar de cobertura plástica diferente da usada nesta pesquisa. Santos et al. (2010) observaram temperaturas inferiores sob vários tipos de telas e porcentagem de sombreamento em relação ao ambiente a céu aberto em cultivo protegido em Cáceres (MT).

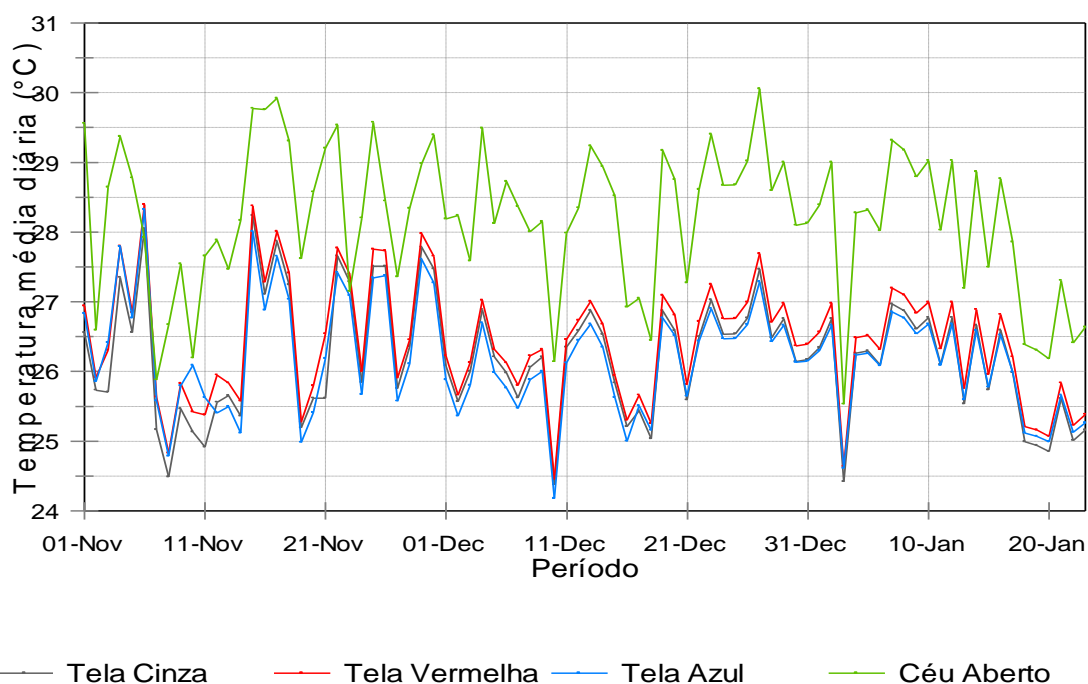


Figura 26. Temperatura média diária do ar ao longo do ciclo de cultivo do pimentão sob as telas cinza, vermelha, azul e a céu aberto. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

Pode ser observado na Figura 27, que as menores temperaturas foram registradas no início da manhã, enquanto as maiores ocorreram no meio da tarde. Durante o ciclo da cultura, em média, a temperatura mínima sob a tela cinza foi de 24,0 °C e nas telas vermelha e azul de 23,8 °C, e ocorreram entre 05 e 06 horas da manhã. Já a temperatura máxima média diária nas telas cinza, vermelha e azul foram respectivamente 34,1, 34,4 e 34,0 °C, todas registradas às 15h. Cantu et al. (2013), para um cultivo de rúcula com telas, encontraram também temperaturas superiores sob a tela Chromatinet Leno vermelha em relação a Chromatinet azul. Ferreira et al. (2004), comparando a temperatura máxima de vinhedo sob cobertura de polietileno e a céu aberto, para a região de Jundiaí (SP), observaram um aumento de 1,3 °C sob o cultivo protegido. Rocha (2007), em experimento com o tomateiro sob tela na cidade de Juazeiro-BA, verificou que todos os ambientes cobertos, apresentaram temperatura máxima maior do que a céu aberto, atribuindo tal condição a fraca ação do vento no interior dos ambientes protegidos. Já Purquerio (2005) observou que em um cultivo de rúcula sob as telas, enquanto a temperatura atingiu 26,2 °C, no campo aberto atingiu apenas 21,8 °C. Caliman et al. (2005) estudando genótipos de tomateiro sob ambiente protegido observaram

maiores valores de temperatura e de umidade relativa do ar, bem como menor luminosidade em comparação com o cultivo no campo.

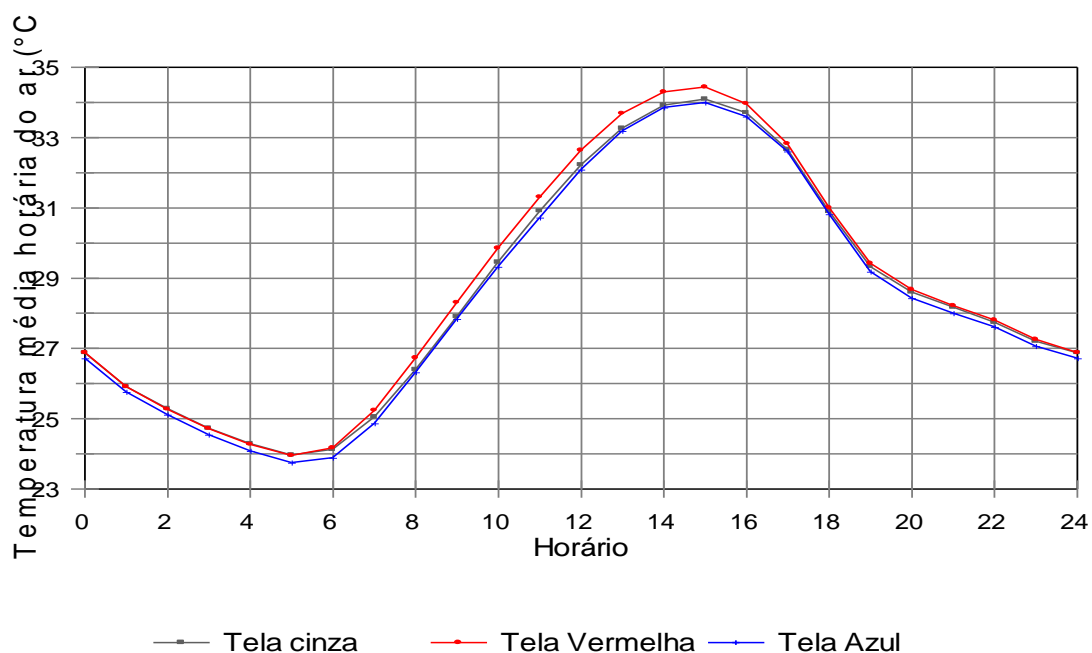


Figura 27. Temperatura média horária do ar ao longo do ciclo de cultivo do pimentão sob as telas cinza, vermelha e azul. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

A amplitude térmica diária sob as três telas monitoradas em vários dias durante o ciclo da cultura foi superior a 10 °C, chegando inclusive a 14 °C no dia 04 de novembro. Segundo Tivelli (1998), o pimentão e outras espécies da família das solanáceas, são culturas exigentes em termoperiodicidade, requerendo uma variação de temperatura diária entre 7 e 10 °C.

Conforme é mostrado na Figura 27, o ambiente sob a tela vermelha na maior parte do ciclo esteve mais quente em média 0,5 °C, do que os ambientes sob as telas azul e cinza, os quais apresentaram temperaturas bem próximas. Sob as telas vermelha e azul ocorreram os maiores valores de radiação global e os maiores saldos de radiação durante o ciclo da cultura, o que gerou temperaturas mais elevadas e maior disponibilidade de energia sob estas telas. No ambiente com tela vermelha as plantas apresentaram uma leve precocidade na floração e frutificação, efeito provável da temperatura mais elevada neste ambiente. Segundo Doorenbos & Kassam (1994), o pimentão se desenvolve satisfatoriamente em climas com

temperaturas diurnas variando entre 18 e 27 °C e noturnas entre 15 e 18 °C. Temperaturas noturnas inferiores a 15 °C provocam maior ramificação e floração, enquanto temperaturas altas induzem à floração precoce, sendo esse efeito mais pronunciado com o aumento da intensidade de luz. Caliman et al. (2005) verificaram que a temperatura do ar em ambiente protegido foi superior à do campo e afirmaram que este fator afeta diversos processos biológicos da planta, em especial crescimento e produção.

Na Figura 28, observa-se que houve ocorrência de podridão apical nos três ambientes telados, situação também observada por Charlo et al. (2009), em híbridos de pimentão amarelo, o qual, especula que devido as temperaturas elevadas dificultarem a translocação de cálcio para o fruto, ocorre desequilíbrio nutricional. Deste modo, nesta pesquisa é possível que as temperaturas sob as telas tenham contribuído para o surgimento de podridão apical nos frutos principalmente na tela vermelha, ambiente no qual foi observado as maiores temperaturas e o maior número de frutos comprometidos.



Foto: Araquam, W. W. C., 2012
Figura 28. Fruto do pimentão com podridão apical.

4.8 Graus-dia acumulado

As quantidades de graus-dia (GD) nos ambientes com tela, para os 84 dias após o transplante (DAT) foram bem próximos, com a tela vermelha tendo o maior valor, 876,3 GD, a tela cinza com 857,6 GD e a tela azul com 855,7 GD. Esses valores representam 85,6, 83,8 e 83,6 % do que foi registrado no ambiente externo (Estação) 1023,9 °C. Menor GD acumulado sob as telas pode proporcionar alteração

no ciclo da cultura, necessitando assim de um tempo maior para completar os estádios fenológicos, porém, isso não ocorreu.

4.9 Velocidade do vento

A velocidade do vento foi outra variável atmosférica avaliada sob cada ambiente. Conforme pode ser observado na Figura 29, as telas exerceram forte influência na diminuição da circulação do ar.

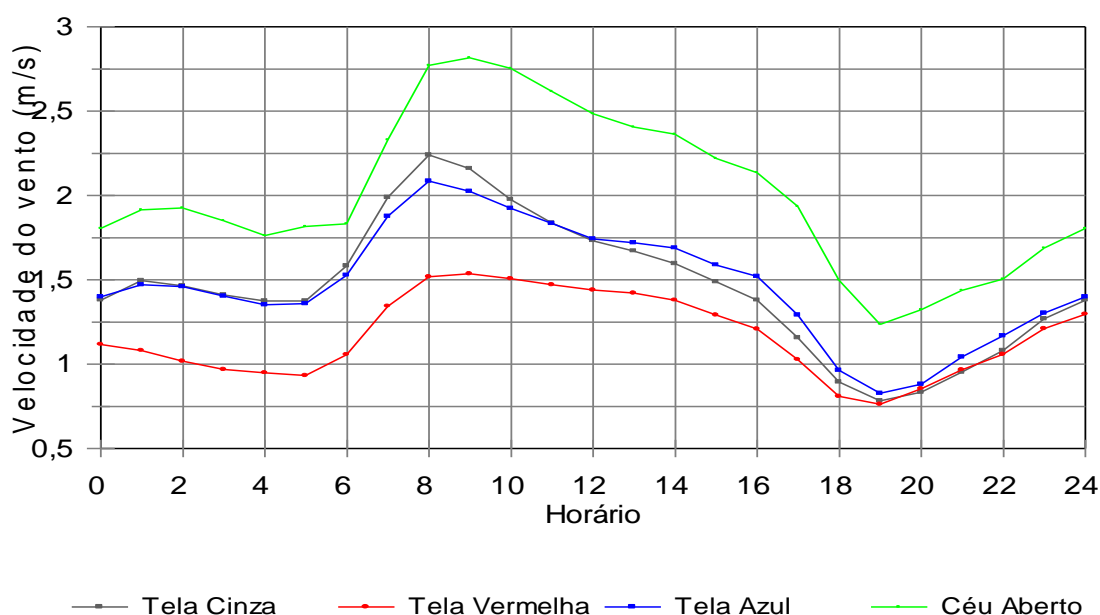


Figura 29. Velocidade média horária do vento sob telas e no ambiente externo, durante o cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

As máximas velocidades do vento foram registradas entre 08 e 09 h da manhã e as mínimas no início da noite às 19 h. Enquanto no ambiente externo a velocidade média horária do vento variou de 1,2 a 2,8 $m s^{-1}$, sob as telas os valores foram bem inferiores, variando sob a tela vermelha de 0,7 a 1,5 $m s^{-1}$. Na tela cinza e na tela azul, as velocidades foram próximas, na tela cinza variou de 0,8 a 2,3 $m s^{-1}$ e na tela azul de 0,8 a 2,1 $m s^{-1}$. Portanto, valores inferiores aos registrados no ambiente externo. Essa velocidade menor do vento no ambiente com tela vermelha, provavelmente foi influenciada pela disposição central dessa tela entre as demais e

pela presença de uma casa posicionada na direção do vento predominante, obstruindo o fluxo de ar. De maneira geral, as telas se mostraram eficientes na redução da velocidade do vento e impediram a ocorrência de efeitos danosos de ventos fortes sobre as plantas. Teixeira (2010) observou para Mandacaru valores de velocidade do vento superiores a $3,0 \text{ m s}^{-1}$. De acordo com Righi (2000), o vento renova o ar em torno da folha, aumenta a condutância aerodinâmica, proporcionando valores mais elevados de transpiração das plantas.

4.10 Umidade do ar

A umidade relativa do ar foi praticamente igual sob as três telas monitoradas, conforme mostra a Figura 30. Lulu e Júnior (2006) não verificaram diferença significativa entre as umidades relativa do ar nos tratamentos com e sem cobertura plástica em cultivo de vinhedo em Jundiá (SP).

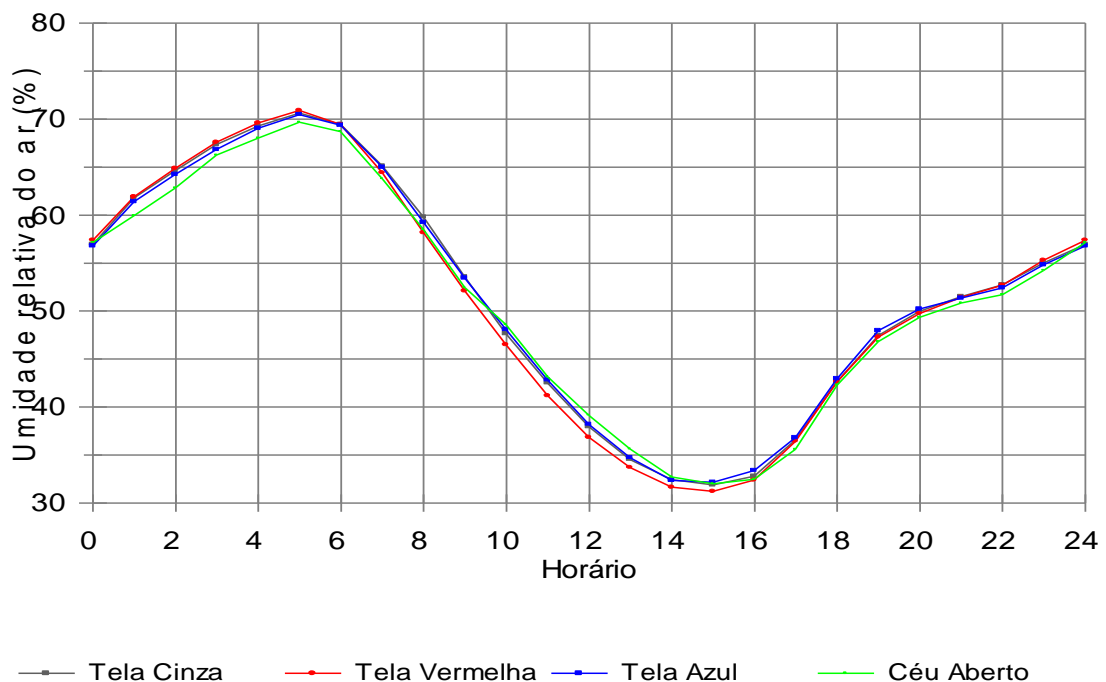


Figura 30. Umidade relativa do ar média horária (%) durante o dia, ao longo do ciclo de cultivo do pimentão. Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2012.

Nota-se que houve similaridade entre os índices de umidade do ar dos ambientes telados e o ambiente externo, a qual variou de 70,7% no início da manhã,

para 31,9% no meio da tarde. Cantu et al. (2013) observaram que sob a tela azul ocorreu a maior umidade relativa média do ar (76,4%). Seeman (1979) afirma que os valores de umidade relativa do ar são inversamente proporcionais à temperatura do ar e muito variáveis no interior do ambiente. Guiselini (2002) também verificou a mesma similaridade da umidade relativa do ar em três ambientes protegidos em cultivo de Gérbera. Verifica-se ainda na figura 30, que no ambiente com tela vermelha, nos horários mais quentes, quando a temperatura do ar é mais elevada e a velocidade do vento é menor, os valores de umidade relativa do ar são ligeiramente menores.

4.11 Produtividade

A produtividade total sob as telas, mostrada na Tabela 3, não apresentou segundo o teste de Tukey diferença estatística significativa a 5% de probabilidade, porém, a tela azul, a qual apresentou os maiores valores de saldo de radiação, teve as maiores produtividades, seguida da tela vermelha e da cinza. Contudo, na primeira colheita houve diferença significativa de produtividade total entre a tela azul e a cinza, devido a uma leve precocidade na maturação dos frutos sob as telas azul e vermelha, porém, não ocorreu na segunda, terceira e quarta colheita. Também não houve diferença significativa entre os híbridos Eppo e Satrapo quanto a produtividade total, havendo diferença estatística apenas na segunda colheita, apesar do híbrido Eppo ter apresentado maior produtividade em todas as colheitas. No entanto, o fato de se poder produzir em uma época desfavorável demonstra a importância do uso de telas para o cultivo do pimentão no segundo semestre, período de alta incidência de radiação solar e elevadas temperaturas. Seleguini et al. (2006), estudando os efeitos do uso de tela fotoseletiva azul em estufa numa pesquisa com pimentão Magali-R, na região de Ilha Solteira (SP), concluíram que esta não influenciou a produção do pimentão.

Tabela 3. Produtividade total de híbridos de pimentão sob tela: Chromatinet cinza (TCC); Chromatinet vermelha (TCV) e Chromatinet azul (TCA). Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2013.

	Produtividade Kg ha ⁻¹ (1ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (2ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (3ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (4ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (Total)	
Híbridos						
Ambientes				Eppo	Satrapo	
TCC	1852,6 b	4285,4 a	4547,6 a	2484,3 aA	2610,4 aA	13232,9 a
TCV	2473,2 ab	4473,0 a	3916,7 a	3252,6 aA	2067,5 aB	13523,0 a
TCA	2975,2 a	4570,6 a	3662,4 a	2889,3 aA	3118,8 aA	14212,4 a
Híbridos						
Eppo	2587,0 a	4905,2 a	3931,3 a	-	-	14298,9 a
Satrapo	2280,4 a	3980,8 b	4153,2 a	-	-	13013,3 a
	Fator a: 31,3	Fator a: 19,8	Fator a: 24,1	Fator a: 19,7		Fator a: 14,4
C.V. (%)	Fator b: 38,6	Fator b: 25,1	Fator b: 27,3			Fator b: 14,4

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade comercial total, apresentada na Tabela 4, apesar de não indicar diferença estatística significativa, verificou-se que a maior produtividade ocorreu no ambiente com tela cinza, seguido do ambiente com tela azul, e por último, com uma diferença mais acentuada, no ambiente com tela vermelha. Dessa forma, a tela cinza mostrou ser a melhor tela para produção comercial de pimentão na região para época da primavera-verão; pois além de apresentar maior produtividade comercial, a mesma demandou menor consumo de água em comparação com as outras telas, reduzindo assim o custo de produção. É importante lembrar que o ambiente sob a tela cinza foi o que apresentou menor transmitância, menor incidência de radiação global, menor saldo de radiação, menor balanço de radiação de ondas curtas, menor emissão de radiação pela superfície e menor radiação fotossinteticamente ativa. Porém, foi o ambiente que apresentou a maior emissão de radiação de ondas longas pela tela. No entanto, os híbridos foram significativamente diferentes em termos de produtividade comercial total, com o híbrido Eppo apresentando o melhor resultado, configurando que este é o melhor híbrido a ser implantado sob as telas no período avaliado. Na primeira colheita, a produtividade comercial sob a tela azul foi significativamente melhor do que sob a tela cinza e do que a tela vermelha, as quais foram semelhantes estatisticamente. No entanto, a tela vermelha apresentou a menor produtividade comercial, tanto na primeira colheita como no total. Sob esta tela foi observado o maior índice de dano

aos frutos e o maior número de frutos pequenos (não comerciáveis), portanto, a pior opção entre as três telas analisadas para o cultivo do pimentão. Sob a tela vermelha foi observado também a maior presença de patógenos em algumas plantas, efeito provável da maior temperatura associada à umidade do ar, ou talvez a coloração desta tela ter proporcionado uma radiação com comprimento de onda mais propícia a ocorrência de pragas. Nas demais colheitas a produtividade sob as três telas se mantiveram estatisticamente iguais, porém houve diferença entre os híbridos na segunda e terceira colheita. Na terceira colheita, a de maior produtividade, houve diferença significativa apenas entre os híbridos sob a tela vermelha, com o híbrido Eppo sendo superior.

Tabela 4. Produtividade comercial média de híbridos de pimentão sob tela: Chromatinet cinza (TCC); Chromatinet vermelha (TCV) e Chromatinet azul (TCA). Campus experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, 2013.

	Produtividade Kg ha ⁻¹ (1ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (2ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (3ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (4ª Colheita)	Produtividade Kg ha ⁻¹ (Total)
Híbridos					
Ambientes			Eppo	Satrapo	
TCC	1073,3 b	3574,5 a	3935,0 aA	3554,1 aA	1443,5 a
TCV	943,4 b	2866,7 a	3572,5 aA	1684,3 bB	2033,3 a
TCA	1965,4 a	3463,9 a	2837,8 aA	2825,0 bA	1800,3 a
Híbridos					
Eppo	1466,4 a	4173,0 a	3448,4 a	1912,8 a	11000,7 a
Satrapo	1188,4 a	2430,5 b	2687,8 b	1605,2 a	8589,6 b
C.V. (%)	Fator a: 56,3 Fator b: 53,9	Fator a: 28,9 Fator b: 41,5	Fator a: 34,9 Fator b: 28,7	Fator a: 62,1 Fator b: 55,5	Fator a: 25,2 Fator b: 31,8

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

- 1) As telas de sombreamento geraram ambientes com condições microclimáticas mais amenas e favoráveis ao desenvolvimento da cultura do pimentão no período primavera-verão, do que o ambiente a céu aberto, proporcionando menor disponibilidade de energia, temperaturas mais baixas e menores velocidades do vento.
- 2) O ambiente com tela Chromatinet cinza foi o que proporcionou as melhores condições microclimáticas para o cultivo de pimentão na região e no período estudado, apresentando a maior produtividade comercial e o menor consumo de água. Enquanto que, nos ambientes com tela Chromatinet vermelha e com tela Chromatinet azul, foram observadas as condições microclimáticas mais extremas, menos favoráveis ao cultivo de pimentão, com os maiores índices de radiação e temperaturas mais elevadas.
- 3) As condições microclimáticas mais amenas e favoráveis ao cultivo do pimentão sob a tela Chromatinet cinza resultaram principalmente da redução da transmitância em todas as faixas de radiação observadas nesta tela, em relação às transmitâncias das telas Chromatinet azul e Chromatinet vermelha.
- 4) O híbrido Eppo se adaptou melhor às condições microclimáticas geradas no ambiente com telas de sombreamento no período primavera-verão, apresentando maior produtividade comercial, em comparação com híbrido Satrapo.

REFERÊNCIAS

ABAURRE, M. E. O.; PUIATTI, M. ; CECON, P. R. ; COELHO, M. B. ; HUAMAN, C. A. ; PEREIRA, F.H.F. ; AQUINO, L. A. . Produtividade de duas cultivares de alface sob malhas termorrefletoras e difusoras no cultivo de outono-inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 615, 2004.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements** – FAO - paper 56. Rome, 1998. 297p.

BAILLE, M.; KITTAS, C.; KATSOULAS, N. Microclimate and transpiration of greenhouse rose crops. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam, v.71, n.2, p.83-97, 1994.

BRANT, R. da S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSA, L. F.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FERRI, P. H.; CORRÊA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, v.39, p.1401-1407, 2009.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.255-259, 2005.

CANTU, R. R. et al. Uso de malhas pigmentadas e *mulching* em túneis para cultivo de rúcula: efeito no ambiente e nas plantas modelo. **Ciência. Rural** [online]. Santa Maria, vol.43, n.5, 2013. Disponível em: www.scielo.br/pdf/cr/2013nahead/a13813cr2012-0440.pdf. Acesso em: 15 ago. 2013.

CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, n.27: 155-159, 2009.

CASTILLA, N. **Invernaderos de plástico: Tecnología y manejo**. Madrid: Mundi-Prensa, 2005. 462 p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124p.

CRITTEN, D. L.; BAILEY, B. J. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 112, p. 1-22, 2002.

CUNHA, A. R. da. **Balço de energia em cultivo protegido de pimentão. XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Anais.** Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-f93d191f4697ffc3b9cb51423e30630a.pdf>> Acesso em: 20 mar. 2013.

CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F., KLOSOWSKI, E. S. **Estimativa do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 37, n. 6, jun, 2002. p. 735-743.

DE JUAN, JOSE. **Agronomía del riego.** Madrid: Mundi – Prensa, 1993.735p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Trad. De H. R. Gheyi, A. A. de Sousa, F. A. V. Damasceno e J. F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de água de los cultivos.** Roma: FAO, (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 24), 1977. 194 p.

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

FARIAS, J. R. B. et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.31-36, 1993.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S. R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 2, p. 17-22, 1994.

FERREIRA, M. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; SANTOS, A. O.; HERNANDES, J. L. Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira 'Cabernet Sauvignon' sobre diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 439-475, 2004.

FIGUEIREDO, G.; LEITE, C. Tipos de Estruturas Plásticas Utilizadas para Cultivo em Ambiente Protegido. **Casa da agricultura, produção em ambiente protegido**. Campinas, n.2, p. 17-20, 2011. Disponível em: <<http://www.asbraer.org.br/arquivos/bibl/56-ca-producao.pdf>> Acesso em: 23 mar. 2013.

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

FURLAN, R. A. **Avaliação de nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. Piracicaba, 2001. 146p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.

GALVANI, E.; DANTAS, R. T.; ESCOBEDO, J. F.; KLOSOWSKI, E. S. Parâmetros meteorológicos em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.) cultivada em casas de vegetação com orientações leste-oeste, norte-sul e condições externas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, n.2, p.157- 63,1998.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia**, Campinas, p. 139-147, 2001.

GIL, O. de F. **Água e adubação na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigada por gotejamento**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 45p. Dissertação Mestrado

GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo de pimentão em estufa**. Viçosa: CPT, 1997. 66p.

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.

HENRIQUE, P. de C. et al. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.5, p.458-465, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006 (resultados preliminares)**, Rio de Janeiro, IBGE, 2007, 142 p.

ISHIKAVA, S. M. e FIGUEIREDO, G. Olerícolas para Cultivo em Ambiente Protegido. **Casa da agricultura, produção em ambiente protegido**. Campinas, n.2, p. 24-25, 2011. Disponível em: <<http://www.asbraer.org.br/arquivos/bibl/56-ca-producao.pdf>> Acesso em 23 mar. 2013.

JENSEN, M. E. **Water consumption by agricultural plants**. In: **Koslowsky, T.T. Water deficits and plant growth**. Academic Press, New York, Volume 2, 1968.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332p.

LEITÃO, M. M. V. B. R.; AZEVEDO, P. V. COSTA, J. P. R. Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Sociedade Brasileira de Meteorologia. **Anais**. Salvador, 1990. p. 27-32.

LIMA, P. A. de. et al. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.1, n. único. Recife, out.-dez., 2006. p.73-80. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/1190/119018241011.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2013.

LULU, J.; JÚNIOR, J. P. Microclima de vinhedos cultivados sob cobertura plástica e a céu aberto. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 106-115, 2006.

MACEDO, A. F.; LEAL-COSTA, M. V.; TAVARES, E. S.; LAGE, C. L. S.; ESQUIBEL, M. A. The effect of light quality on leaf production and development of in vitro-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze. **Environmental and Experimental Botany**, v.70, p.43-50, 2011.

MARCELIS, L. F. M. Simulation of plant-water relations and photosynthesis of greenhouse crops. **Scientia Horticulturae**. Amsterdam, v.41, n.1, p.9-18, 1989.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 20p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 101).

MARTINS, G. **Uso de casa-de-vegetação como cobertura plástica na tomaticultura de verão**. 1992. 65p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 1992.

OLIVEIRA, M. R. V., FERREIRA, D. N. M., MIRANDA, R. G., MESQUITA, H. R. **Estufas, sua importância e ocorrência de pragas.** Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1992. p.7. (EMBRAPA-CENARGEN. Comunicado Técnico, 11)

OLIVEIRA, C. R. Cultivo em ambiente protegido. **Boletim Técnico CATI**, n.232, p.1-31, 1997.

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.

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

PEREIRA, E. R. **Cultivo da rúcula e do rabanete sob túneis baixos cobertos com plástico com diferentes níveis de perfuração.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2002. 131f.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola.** E d. rev. e ampl. Piracicaba: Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, 2007. 192p

PEREIRA, J. B. A. **Avaliação do crescimento, necessidade hídrica e eficiência no uso da água pela cultura do pimentão (*Capsicum Annuum* L.), sob manejo orgânico nos sistemas de plantio com preparo de solo e direto – Seropédica, RJ.** 2006. 112p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PÉREZ, M., PLAZA, B. M., JIMÉNEZ, S., Lao, M.T., BARBERO, J., BOSCH, J. L. **The radiation spectrum through ornamental net houses and its impact on the climate generated.** Acta Hort. 719:631–636, 2006.

PEZZOPANE, J. E. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A.; MEYER, N. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.1-4, 1995.

POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. **Soluções em manejo do espectro**. Disponível em: http://www.polysack.com/index.php?page_id=49. Acesso em: 14 abr. 2013.

PRADOS, N. C. **Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno**. 1986. 195p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Caja Rural Principal, Almeria, 1986.

PURQUERIO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (Eruca sativa Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. **Informações Tecnológicas**, Campinas, 2006. In: IAC, 2006. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO_Cultivo_Protegido/Man. Acesso em: 20 mar. 2013.

RIGHI, E. Z. Consumo hídrico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivada em estufa plástica e sua relação com variáveis meteorológicas em Santa Maria, RS. Piracicaba, 2000. 69p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2000.

RETAMALES, J. B., MONTECINO, J. M., LOBOS, G. A., ROJAS, L. A. **Colored shading nets increase yields and profitability of highbush blueberries**. *Acta Hort.* 770:193–197, 2008.

ROCHA, R. de C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. 2007. 105p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

ROSENBERG, N. J., BLAD, B. L., VERMA, S. B. **Microclimate: The biological environment** (*John Wiley & Sons, New York, NY*), 2nd Ed, 1983.

ROSENBERG, N. J.; MCKENNEY, M. S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: a review and a simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.47, n.3, p.303-320, 1989.

SANTOS, A. O.; PEDRO JUNIOR, M. J.; FERREIRA, M. A. Ecophysiology and yield performance of grape cabernet sauvignon cultivated under different exposures. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 263-27, 2004.

SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n.1, p. 83- 93, 2010.

SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: Seeman, J. **Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, 1979, p. 165-178.

SELEGUINI, A.; ANDRADE, R. V.; FARIA JÚNIOR, M. J. A.; SENO, S. Cultivo de pimentão em ambiente protegido e em campo aberto com uso de cobertura plástica do solo. CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA. Associação Brasileira de Horticultura. **Anais**. Goiânia-GO, 2006. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0067.pdf. Acesso em: 15 fev. 2012.

SENTELHAS, P. C.; NASCIMENTO, A. L. C. Saldo de radiação e sua relação com a irradiância solar global, em Piracicaba, SP. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. **Anais**. Fortaleza, Ceará, 2001. p.255-56.

SILVA, F. de A. S. e. & AZEVEDO, C. A. V. de. **A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, M. A. G.; Boaretto, A. E.; Melo, A. M. T. de; Fernandes, H. M. G.; Scivittaro, W. B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, 1999a. Suplemento.

SILVA, R. C. de. et al. Avaliação da disponibilidade de radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. **Anais**. Guarapiri, 2011. Disponível em: http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2011/cba2011/trabalhos/07/cba07_249_329.pdf> Acesso em: 05 ago. 2013.

SOUZA, R. J. de; Nannetti, D. C. **A cultura do pimentão** (*Capsicum annuum* L.). Lavras: UFLA, 1998. Boletim técnico, 49.

STAMPS, R. H. **Evapotranspiration and nitrogen leaching during leatherleaf fern production in shadehouses**. SJRWMD Spec. Publ. SJ94-SP10. St. Johns River Water Management District, Palatka, FL, 1994.

STAMPS, R. H. Use of Colored Shade Netting in Horticulture. **HortScience**. University of Florida, Flórida, v. 44, n. 2, 239-241, Apr. 2009.

STANGHELLINI, C. **Evaporation of a greenhouse crop and its relationship to the supply of heat**. Wageningen: IMAG, 1983. 31p.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233).

TIVELLI, S. W. **A cultura do pimentão**. In: GOTTO, R.; TIVELLI, S.W. Produção de hortaliças. São Paulo: UNESP, p.225-256, 1998.

URIBE, R. A. M. **Saldo de radiação obtido através de medida e estimativa por três modelos e a sua relação com o desenvolvimento da cultura de cravo-de-defunto (*Tagetes sp.*)**. Botucatu, 2005. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2005.

VILLA NOVA, N. A. A. et al. **Estimativa de graus dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1972. 8p. (Caderno de ciência da terra, n.30).

VILLELE, O. de. Les besoins en eau des cultures serre. Essai de conduite des arrosages en fonction de l'ensoleillement. **Acta Horticulturae**. Den Haag, v.35, p.123-130, 1972.

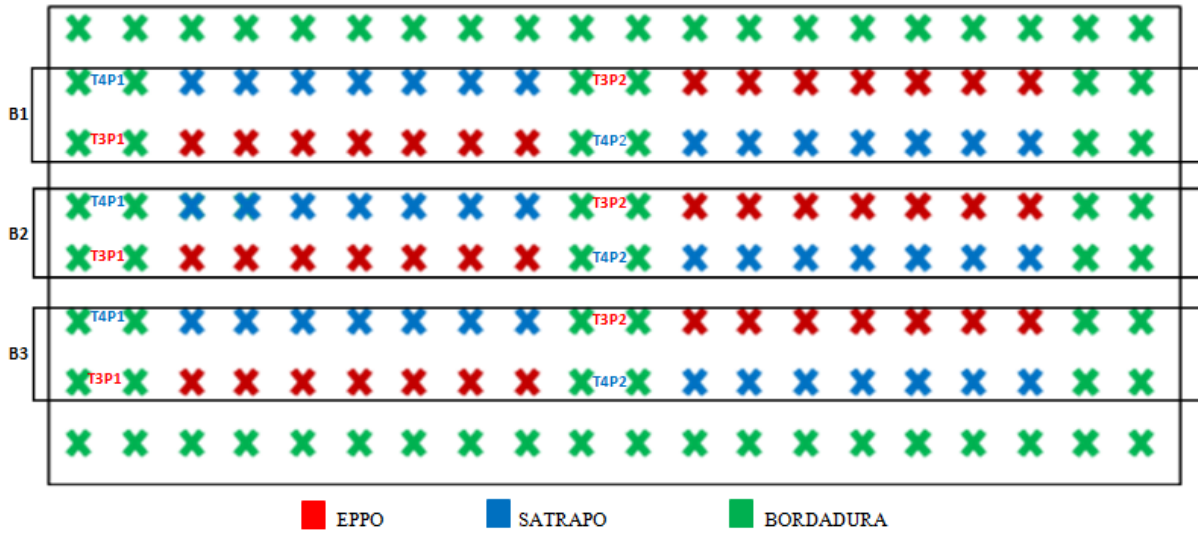
ANEXO A – Croqui da área experimental

Croqui da área coberta com tela CHROMATINET CINZA



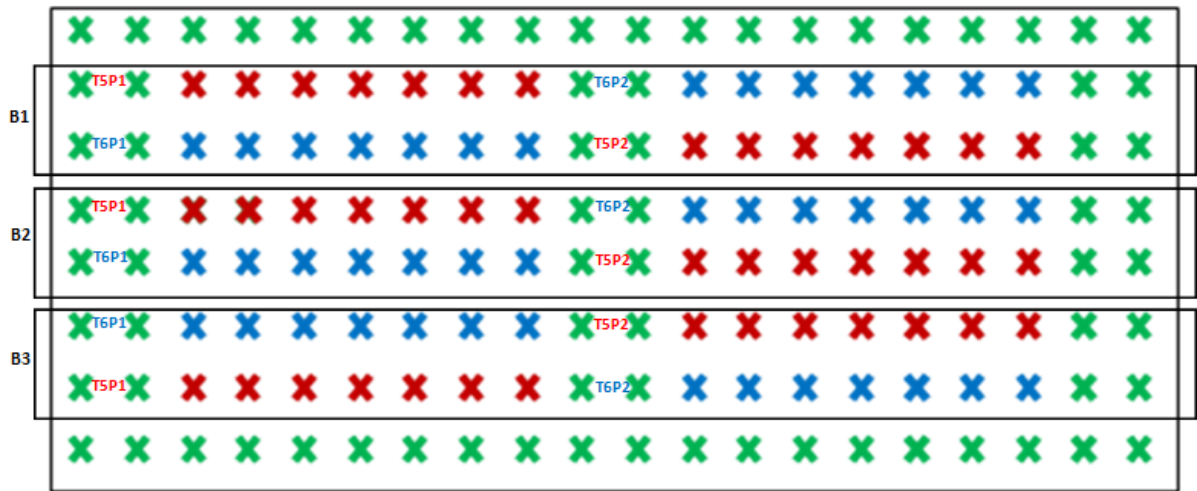
↓
Estação Meteorológica do DTCS III

Croqui da área coberta com tela Chromatinet Vermelha



↓
Estação Meteorológica do DTCS III

Croqui da área coberta com tela Chromatinet Azul



■ EPPO
 ■ SATRAPO
 ■ BORDADURA



Estação Meteorológica do DTCS III