



Condições microclimáticas proporcionadas por tela de sombreamento no cultivo do tomate cereja

Edgo Jackson Pinto Santiago¹, Gertrudes Macário de Oliveira^{2(*)}, Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão³, Ruy de Carvalho Rocha⁴, Rodrigo Rafael da Silva⁵

¹Mestrando em Horticultura Irrigada, PPHI/DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, edgoj@hotmail.com

²Doutora, Professora do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, gemoliveira@uneb.br

³Prof. Doutor, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, BA, mario.miranda@univasf.edu.br

⁴Doutor, Professor do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, rocharuy@uol.com.br; ⁵Acadêmico de Engenharia Agrônoma, Bolsista CNPq, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, rodrigossilva_rafael@hotmail.com

(*) Autor para correspondência

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 16 de Junho de 2017

Aceito em 10 de agosto de 2017

Termos para indexação:

transmitância da radiação solar global

temperatura do ar

balanço de energia

RESUMO

As telas de sombreamento apresentam-se com perspectivas de possibilitarem altos níveis de produtividade para algumas culturas sensíveis ao excesso de radiação; e representam uma alternativa as condições climáticas que impossibilitam o cultivo a céu aberto. Entretanto, promovem alterações microclimáticas que invariavelmente afetam os componentes do balanço de energia, como os fluxos de calor sensível e latente, implicando em alterações no crescimento, desenvolvimento e produção das culturas. Objetivou-se no presente trabalho, avaliar os efeitos da tela de sombreamento sobre o microclima no cultivo de tomate cereja e estimar equações que correlacionem elementos climáticos dentro e fora do ambiente protegido. Uma estrutura com 12 x 18 m e pé direito 4 m foi construída e coberta com tela de sombreamento Chromatinet cor cinza; sob essa estrutura e a campo aberto foram cultivados em vasos com capacidade para oito litros, dois híbridos de tomate cereja, adotando-se delineamento experimental, blocos casualizados, esquema fatorial 4x2 (taxas de reposição da ETC versus híbridos de tomate), quatro repetições. Em cada ambiente os microclimas foram monitorados por meio de sensores meteorológicos acoplados a sistemas automáticos de coleta de dados. A tela de sombreamento promoveu atenuação de aproximadamente 39% da radiação verificada a campo aberto. O uso da tela de sombreamento promoveu alterações microclimáticas com aumento de temperatura, redução da umidade do ar, radiação global e velocidade do vento. As equações de estimativas revelaram alta correlação entre as variáveis meteorológicas dentro e fora do ambiente protegido.

© 2017 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

O clima é um fator decisivo que muito influencia o cultivo de qualquer espécie vegetal. Em algumas regiões, a

alta incidência de radiação solar termina por exercer efeitos negativos sobre o rendimento de culturas importante como é o caso de olerícolas; por esta razão, cada vez mais o cultivo em ambiente protegido vem ganhando espa-

ção entre os produtores. O uso do ambiente protegido na horticultura permite que os fatores fisiológicos tais como fotossíntese, evapotranspiração, respiração, absorção de água e elementos minerais e seu transporte sejam melhor explorados; promovendo aumento da precocidade, produtividade e produção fora de época (SANTANA, 2012).

Em função das condições climáticas adversas: alta incidência de radiação solar e elevadas temperaturas, a região do Submédio do Vale do São Francisco, apesar de ter uma grande capacidade de produção agrícola, enfrenta limitações em relação ao cultivo de olerícolas, principalmente no segundo semestre (ARAQUAM, 2013). Neste cenário, as telas de sombreamento apresentam-se como perspectivas de possibilitarem altos níveis de produtividade para algumas culturas sensíveis ao excesso de radiação; e representam uma alternativa as condições climáticas que impossibilitam o cultivo a céu aberto (ROCHA, 2007).

O uso de telas termorrefletoras, tem a finalidade de limitar o acúmulo de carga térmica no ambiente por meio de reflexão de parte da radiação incidente (GUISELINI et al., 2010). Ferrari e Leal (2015) expõem que, o uso do sombreamento pode ser considerado, depois da ventilação natural, a ferramenta de controle microclimático mais simples e menos onerosa a ser empregada em ambientes protegidos; entretanto, promove alterações microclimáticas que invariavelmente afetam os componentes do balanço de energia, como os fluxos de calor sensível e latente, implicando em alterações no crescimento, desenvolvimento e produção das culturas (HAHN, 2011).

Considerando a importância da compreensão das modificações que a tela de sombreamento pode exercer sobre o microclima no cultivo do tomate; e a carência de informações sobre o comportamento das variáveis meteorológicas em ambiente protegido, objetivou-se neste estudo, avaliar os efeitos da tela de sombreamento sobre o microclima no cultivo de tomate cereja e estimar equações que correlacionem elementos climáticos dentro e fora do ambiente protegido.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS-III) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), no município de Juazeiro-BA. Uma estrutura com 12 x 18 m e pé direito 4 m foi construída e coberta com tela de sombreamento Chromatinet de cor cinza (35% de sombreamento). Sob essa estrutura e a campo aberto foram cultivados em vasos com capacidade para oito litros, dois híbridos de tomate cereja (Wanda e Dolcetto), no espaçamento de 1,10 x 0,40 m e irrigados via gotejamento. O experimento foi instalado em delineamento blocos casualizados em esquema fatorial 4x2 (quatro taxas de reposição da evapotranspira-

ção da cultura e dois híbridos de tomate cereja), com quatro repetições. Em cada ambiente os microclimas foram monitorados por meio de sensores meteorológicos instalados ao nível do dossel vegetativo e acoplados a sistemas automáticos de coleta de dados (Datalogger), programados para efetuar leituras a cada cinco segundos e médias horárias.

Os elementos meteorológicos monitorados em escala diária foram: temperatura (média, máxima e mínima); umidade relativa do ar (média, máxima e mínima); radiação solar global; saldo de radiação; radiação refletida e velocidade do vento. Em escala horária considerou-se apenas os valores médios das variáveis supracitadas. A análise estatística dos dados meteorológicos foi feita por meio de regressão linear simples, utilizando o software Stata/MP 14.0. Considerou-se como variável dependente, os dados da área sob telado e como variável independente, os dados da área de campo aberto.

A significância das estimativas dos coeficientes de regressão foi avaliada pelo teste t, considerando um nível de 5% de probabilidade. Fixou-se como zero o valor do intercepto na análise dos dados médios diário de velocidade do vento, radiação global, radiação refletida e saldo de radiação; bem como nas análises horárias de todas as variáveis estudadas. Tal medida foi tomada, considerando que sempre que a medida externa for nula, a interna deve também ser nula.

Resultados e discussão

Os resultados das análises dos dados meteorológicos revelaram através da não ocorrência da perfeita correlação ($R^2 = 1$) entre cada uma das variáveis estudadas, que o uso da tela de sombreamento promoveu alterações microclimáticas durante o cultivo do tomate cereja. As condições microclimáticas relativas à temperatura são apresentadas na Figura 1, através da relação entre as temperaturas máxima, média e mínima do ambiente protegido em função do ambiente a campo aberto.

Notam-se na Figura 1, através das equações obtidas por regressão linear simples que, a cobertura proporcionou aumento nas temperaturas avaliadas, com maior efeito na temperatura máxima (coeficiente linear = 2,742); entretanto, para diminuições da temperatura a campo aberto, a redução correspondente sob a cobertura foi menor. Tal constatação pode ser vislumbrada, mediante observações dos respectivos coeficientes angulares de regressão 0,918; 0,993 e 0,996 altamente significativos. Estes coeficientes indicam que para cada 1 °C de variação na temperatura em campo aberto, haverá variação de aproximadamente 0,92 °C sob telado para temperatura máxima; e para temperatura média e mínima, uma menor variação. Dessa forma fica claro que a dissipação térmica sob cobertura é razoa-

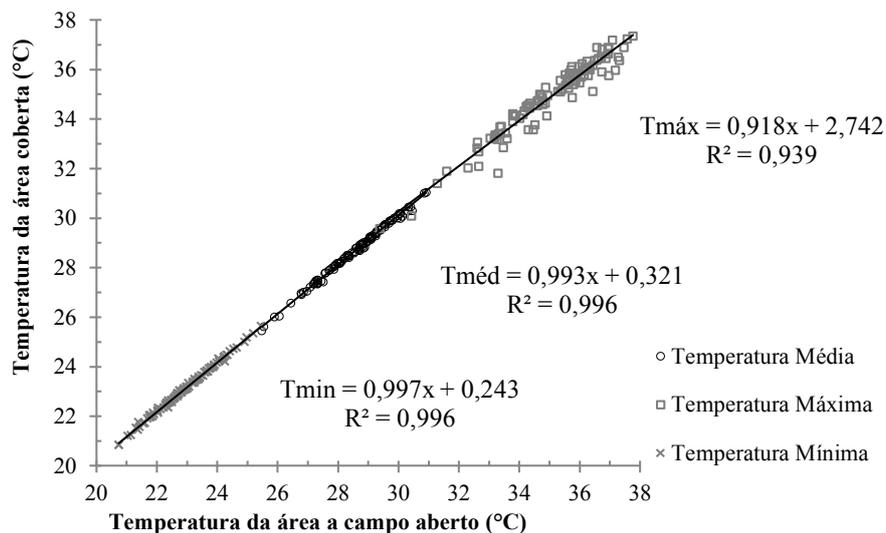


Figura 1. Relação entre as temperaturas máxima, média e mínima do ambiente protegido em função do ambiente a campo aberto, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

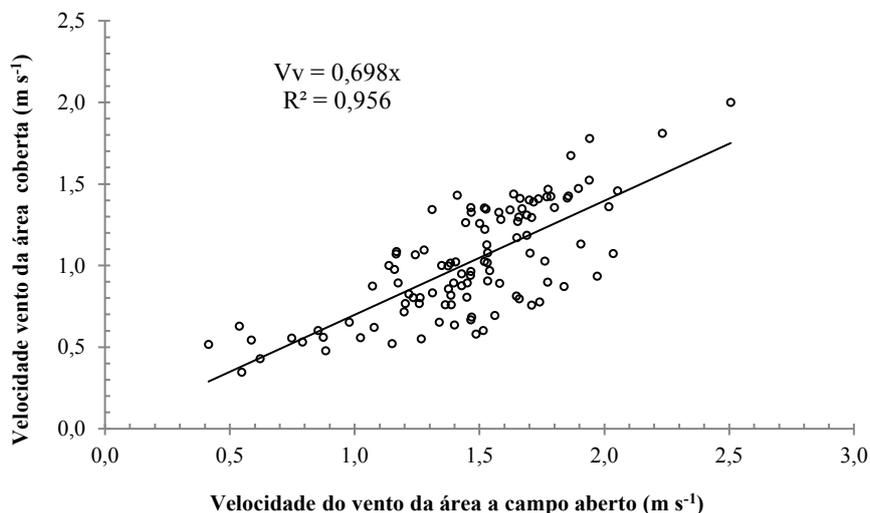


Figura 2. Relação entre a velocidade do vento do ambiente protegido em função do ambiente a campo aberto, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

velmente menor comparativamente ao ambiente a campo aberto. É provável que a menor movimentação da massa de ar dentro do ambiente protegido seja responsável por tal efeito. Isso, considerando que a velocidade do vento do ambiente protegido teve uma redução de aproximadamente 30% (coeficiente angular igual a 0,698), em relação ao cultivo a campo aberto (Figura 2); reforçando a tese que a menor amplitude térmica verificada dentro do ambiente protegido tenha entre outros fatores, a menor velocidade com a qual o ar circula no ambiente protegido. Chavarria et al. (2009), avaliando a influência da cobertura plástica no microclima de vinhedos em Flores da Cunha-RS, constataram também, aumento na temperatura e diminuição na velocidade do vento proporcionados pelo cobertura plástica.

As condições microclimáticas relativas à umidade relativa do ar são apresentadas na Figura 3, através da relação entre as umidades relativas do ar máxima, média e mínima do ambiente protegido em função do ambiente a campo aberto.

Observando a Figura 3, constata-se através das equações ajustadas para umidade relativa do ar, máxima, média e mínima que, em termos da máxima e média, essas são menores no interior da área sob telado do que no ambiente cultivado a campo aberto; entretanto, a mínima é ligeiramente maior, corroborando com Rebouças et al. (2015) que discorrem que, a umidade relativa do ar, no período do dia, a medida em que a temperatura se eleva, tende a diminuir com mais intensidade no interior da estufa do que no ambiente externo, elevando-se ao entardecer e à noite.

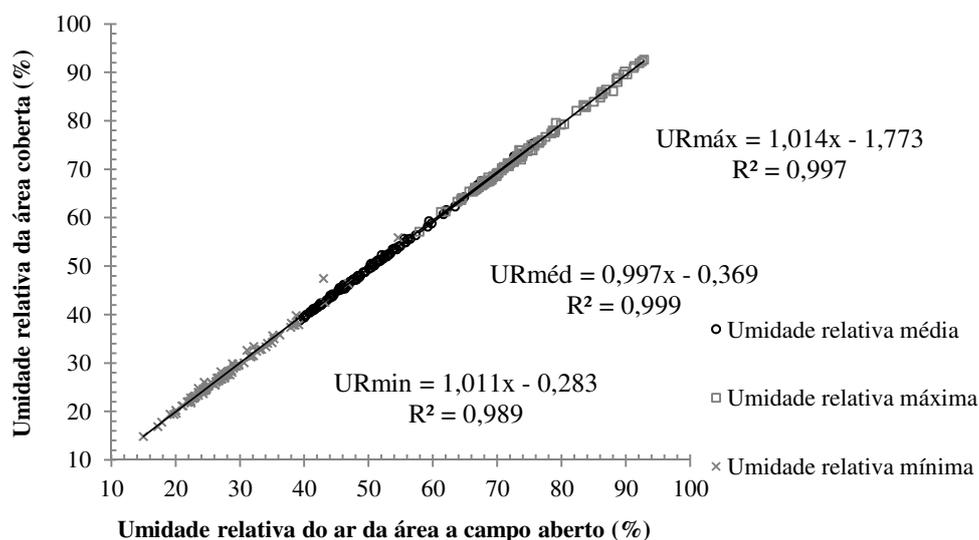


Figura 3. Relação entre a umidade relativa do ar m xima, m dia e m nima do ambiente protegido em fun o do ambiente a campo aberto, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

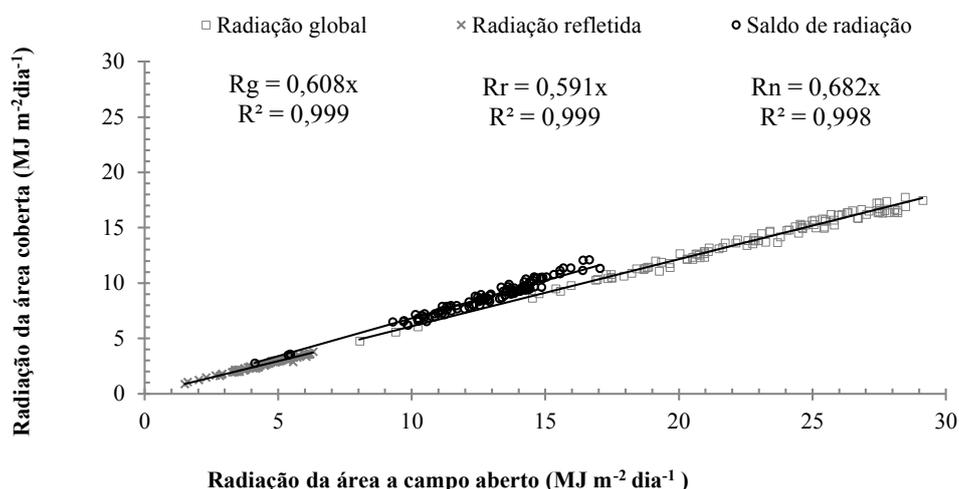


Figura 4. Rel o entre radia o solar global, saldo de radia o e radia o refletida do ambiente protegido em fun o do ambiente a campo aberto, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

Na Figura 4   apresentada a rela o entre radia o solar global, saldo de radia o e radia o refletida do ambiente protegido em fun o do ambiente a campo aberto, durante o cultivo de tomate cereja.

Verifica-se na Figura 4, atrav s do coeficiente angular da equa o de regress o da radia o solar global (0,608) que, a tela de sombreamento promoveu uma atenua o de aproximadamente 39% da radia o verificada a campo aberto. Tal efeito deve-se, evidentemente, ao fato de a tela de sombreamento funcionar como uma barreira, promovendo reflex o e absor o de parte da radia o solar que atinge a cobertura. De acordo com Reis (2006), a medi o de componentes da radia o solar em ambientes protegidos sofre altera o de diversos fatores, em que o principal   o sombreamento do sensor do radi metro atrav s das

estruturas de sustenta o da casa de vegeta o. O valor da transmit ncia da radia o solar global encontrado no presente estudo foi um pouco inferior  quele encontrado por Ferrari e Leal (2015), que verificaram redu o de 37% da radia o global no interior do ambiente protegido cultivado com tomateiro, comparado ao ambiente sem tela. Percebe-se que, a atenua o da radia o solar observada no presente estudo foi aproximadamente 11,43% superior  quela indicada pelo fabricante. Pezzopane et al. (2004) constataram atenua o m dia da radia o solar global inferior (41%) a especifica o comercial (50%).

Observa-se ainda na Figura 4 que, analogamente a radia o solar global, o saldo de radia o e a radia o refletida no ambiente protegido tiveram a mesma tend ncia redutiva quando comparado a campo aberto. O estudo da

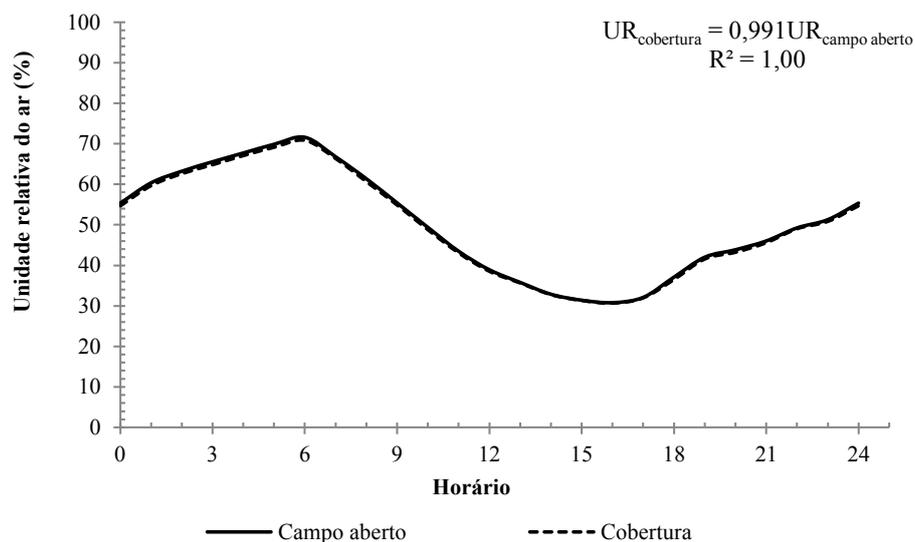


Figura 5. Comportamento médio horário da umidade relativa do ar para os ambientes com e sem cobertura, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

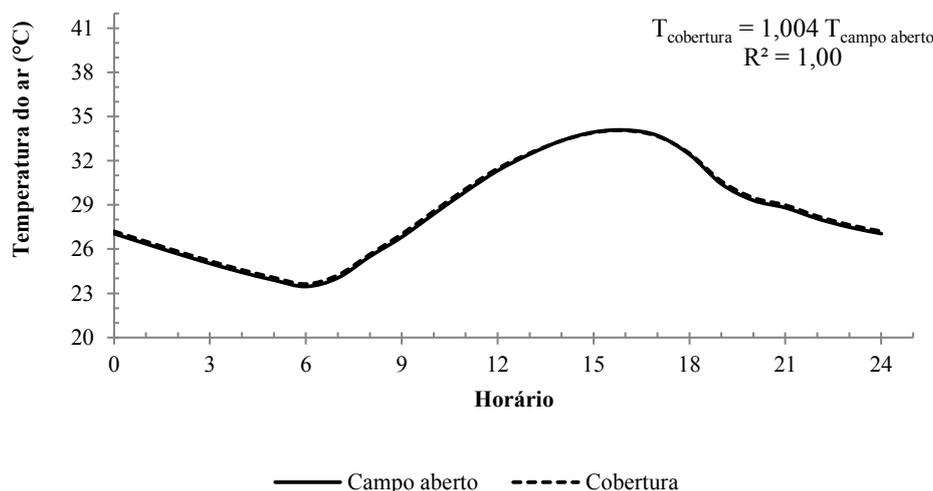


Figura 6. Comportamento médio horário da temperatura do ar para os ambientes com e sem cobertura, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

radiação solar na superfície é importante, uma vez que o balanço de radiação determina a energia disponível para processos como evaporação, aquecimento ou resfriamento do ar e do solo e para a fotossíntese (PEZZOPANE et al., 2004). Portanto, redução no saldo de radiação, certamente resultará em modificações microclimáticas significativas, alterando o crescimento e desenvolvimento das plantas sob a cobertura.

Na análise dos dados em escala horária, observa-se na Figura 5, o comportamento da umidade relativa do ar média (UR) para os ambientes com e sem cobertura, com o respectivo ajuste linear, durante o cultivo do tomate cereja. Observa-se na figura, através da equação de regressão linear, um perfeito grau de associação ($R^2=1,00$) entre as umidades verificadas dentro e fora do ambiente protegido.

Verifica-se ainda na Figura 5, que em ambos os ambientes, os horários em que ocorreram os valores máximos e mínimos da umidade relativa do ar foram respectivamente, 06:00 e 16:00 horas. Entre 12:00 e 18:00 horas, a umidade relativa do ar manteve-se abaixo de 40%, valor este considerado por Leal (2011), como o mínimo recomendado para a cultura do tomate.

Em termos de temperatura média horária, verifica-se na Figura 6 que, a temperatura sob a cobertura foi sensivelmente maior em grande parte do tempo, comparada a temperatura média a campo aberto, tornando-se praticamente equivalente, nos horários entre 13:00e 18:00 horas. Os valores máximos e mínimos foram observados respectivamente, às 16:00 e 06:00 h, ou seja, comportamento oposto a umidade relativa do ar, confirmando a colocação de

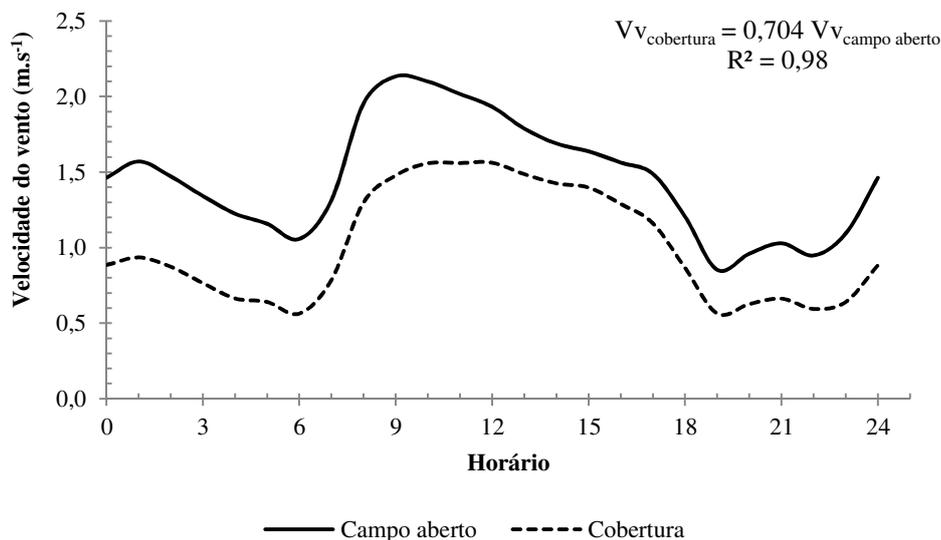


Figura 7. Comportamento médio horário da velocidade do vento (V_v) para os ambientes com e sem cobertura, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

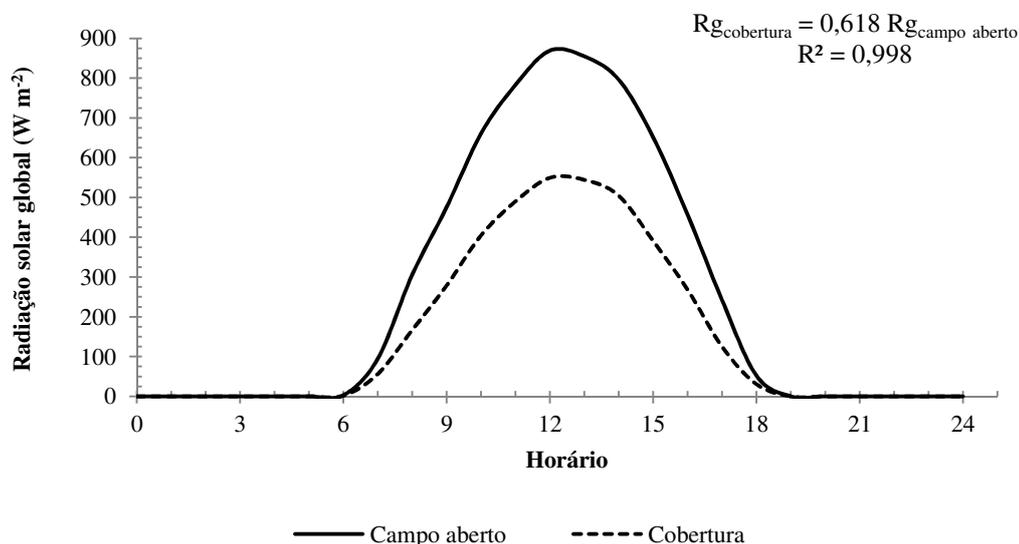


Figura 8. Comportamento médio horário da radiação solar global (R_g) para os ambientes com e sem cobertura, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

Rebouças et al. (2015), quanto a diminuição da umidade relativa do ar, com o aumento da temperatura. Ferrari e Leal (2015) verificaram também, a superioridade da temperatura do ar registrada em ambiente protegido em relação ao ambiente externo.

Na análise dos dados em escala horária para a variável velocidade do vento, constata-se na Figura 7 que, a velocidade sob a cobertura telada foi sempre menor que a campo aberto, evidenciando sua eficiente capacidade atenuante (30% menor que a campo aberto) e seu potencial papel preventivo de efeitos danosos de rajadas forte sobre a cultura. Percebe-se, ainda, que as maiores velocidades foram observadas às 9 horas e que ao longo do dia, a velocidade média horária manteve-se sempre acima de $0,5 \text{ m s}^{-1}$. De acordo com Leal (2011), movimentação do ar com velocidade de $0,1$ a $0,25 \text{ m s}^{-1}$ através da superfície foliar facilita a

absorção de CO_2 , entretanto, de $0,5$ a $1,0 \text{ m s}^{-1}$ produz redução; e acima de $1,0 \text{ m s}^{-1}$ inibi o crescimento.

Observa-se ainda, na Figura 7, um ótimo ajuste linear ($R^2=0,98$), o que sugere que 98% da variação da velocidade verificada dentro do ambiente protegido, possa ser explicada por variações ocorridas na movimentação do ar a campo aberto.

Os comportamentos médios horários da radiação global, radiação refletida e saldo de radiação, com os respectivos ajustes lineares são apresentados nas Figuras 8, 9 e 10. Observa-se nas figuras, através das equações de regressão linear, um perfeito grau de associação ($R^2=1,00$) entre as variáveis dos dois ambientes estudados.

Observa-se na Figura 8, que a radiação solar global média horária sob telado foi sempre inferior a obtida a campo aberto, com a máxima incidência ocorrendo às 12:00

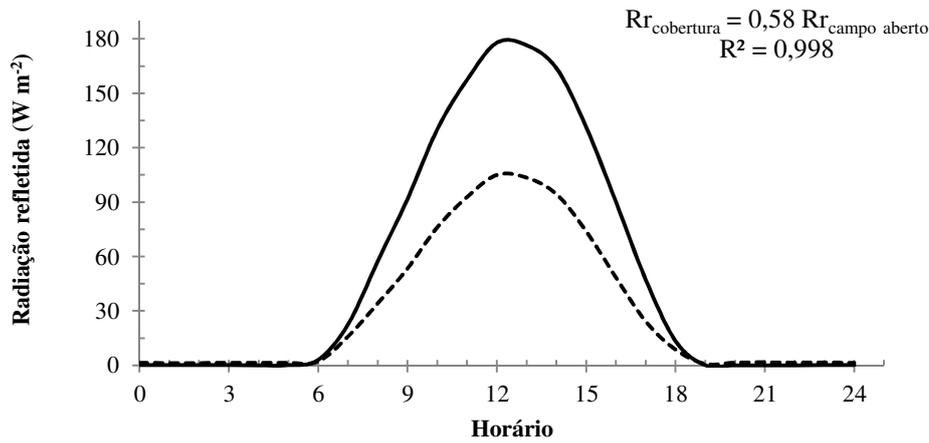


Figura 9. Comportamento médio horário da radiação refletida (R_r) para os ambientes com e sem cobertura, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

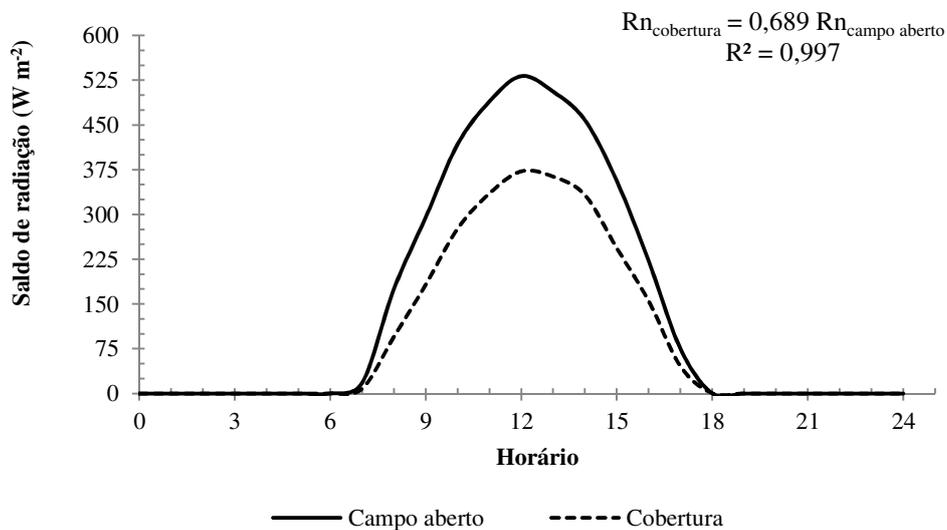


Figura 10. Comportamento médio horário do saldo de radiação (R_n) para os ambientes com e sem cobertura, durante o cultivo de tomate cereja. Juazeiro-BA.

h, 869,0 e 549,1 $W m^{-2}$ respectivamente, para o ambiente campo aberto e ambiente protegido. Comportamento semelhante foi observado para a radiação refletida (Figura 9) e saldo de radiação (Figura 10).

Pelos coeficientes angulares dos ajustes efetuados, percebe-se que, quando comparado com o ambiente a campo aberto, as reduções horárias em termos percentuais da radiação solar global, refletida e do saldo de radiação foram de, aproximadamente, 38%, 42% e 31%, respectivamente. Holcman e Sentelhas (2012) observaram redução de 76% da radiação solar global em ambiente coberto com tela termorrefletora (70% de sombreamento), comparado ao ambiente coberto somente por PEBD. A atenuação da radiação solar global observada pelos autores promovida pela tela foi superior à indicada pelo fabricante, resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho. Segundo

Rebouças et al. (2015) a reflexão e a absorção promovidas pela cobertura diminuem a incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido. Essa redução é variável em função do ângulo de incidência dos raios solares e da transmitância do mesmo, ou seja, do tipo, idade e cor do material utilizado.

Conclusões

O uso da tela de sombreamento promoveu alterações microclimáticas com aumento de temperatura, redução da umidade do ar, radiação global e velocidade do vento.

As equações de estimativas revelaram alta correlação entre as variáveis meteorológicas dentro e fora do ambiente protegido.

Referências

- ARAQUAM, W. W. C. **Condições microclimáticas em ambientes cobertos com tela de sombreamento cultivados com pimentão no Vale do Submédio do São Francisco**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Juazeiro, Bahia, 2013.
- CHAVARRIA, G. et al. Microclima e qualidade da radiação solar de vinhedos sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2029-2034, out, 2009.
- FERRARI, D. L.; LEAL, P. A. M. Uso de tela termorrefletora em ambientes protegidos para cultivo do tomateiro. **Revista Engenharia Agrícola**, v.35, n.2, p.180-191, 2015.
- GUISELINI, C. et al. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 645-652, 2010.
- HAHN, F. Fuzzy controller decreases tomato cracking in greenhouses. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 77, p. 21-27, 2011.
- HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 858-863, 2012.
- LEAL, P. M. **Controle de umidade em ambiente protegido**. Congresso Iberoamericano de Des. e Apl. de plásticos na agricultura. 2011.
- PEZZOPANE, J. E. M. et al. Alterações microclimáticas causadas pelo uso de tela plástica. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 9-15, 2004.
- REBOUÇAS, P. M. et al. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 2, p. 115-125, 2015.
- REIS, L. S. **Balço de energia e evapotranspiração do tomateiro em ambiente protegido**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2007.
- ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia – Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. Botucatu, São Paulo, 2007.
- SANTANA, J.Q. **Cultivo de pimentões sob telas fotoseletivas**. Goiânia, 2012. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, UFG.

REFERENCIAÇÃO

SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; ROCHA, R. de C.; SILVA, R. R. da. Condições microclimáticas proporcionadas por tela de sombreamento no cultivo do tomate cereja. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.1, p.153-161, 2017.

Declaração: os trabalhos estão sendo publicados nesse número de AGROMETEOROS (v.25, n.1, ago 2017) conforme foram aceitos pelo XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, realizado de 14 a 18 de agosto de 2017, em Juazeiro, BA e Petrolina, PE, sem revisão editorial adicional da revista. Versão com figuras corrigidas em 14/11/2018.

Microclimatic conditions provided by shading screens in cherry tomatoes

Edgo Jackson Pinto Santiago¹, Gertrudes Macário de Oliveira^{2(*)}, Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão³, Ruy de Carvalho Rocha⁴, Rodrigo Rafael da Silva⁵

¹Mestrando em Horticultura Irrigada, PPHI/DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, edgoj@hotmail.com

²Doutora, Professora do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, gemoliveira@uneb.br

³Prof. Doutor, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, BA, mario.miranda@univasf.edu.br

⁴Doutor, Professor do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, rocharuy@uol.com.br; 5Acadêmico de Engenharia Agrônômica, Bolsista CNPq, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, rodrigossilva_rafael@hotmail.com

(*)Corresponding author

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 June 2017

Accepted 10 August 2017

Index terms:

transmittance

global solar radiation

air temperature

energy balance

ABSTRACT

The shading screens have prospects of allowing high levels of productivity for some crops sensitive to excess radiation; And represent an alternative climatic conditions that preclude open-air cultivation. However, they promote microclimatic changes that invariably affect energy balance components, such as sensible and latent heat fluxes, implying changes in crop growth, development and production. The objective of this work was to evaluate the effects of the shade canvas on the microclimate in cherry tomato cultivation and to estimate equations that correlate climatic elements inside and outside the protected environment. A structure with 12 x 18 m and 4 m right foot was constructed and covered With shading screen Chromatinet cor gray; Under this structure and in the open field were cultivated in pots with capacity of eight liters, two hybrids of cherry tomatoes, using a randomized block design, 4x2 factorial design (ETc replacement rates versus tomato hybrids), four replications. In each environment the microclimates were monitored by means of meteorological sensors coupled to automatic data collection systems. The shading screen promoted attenuation of approximately 39% of the radiation verified in the open field. The use of the shading screen promoted microclimatic changes with increasing temperature, reduction of air humidity, global radiation and wind speed. The estimation equations revealed a high correlation between the meteorological variables inside and outside the protected environment.

© 2017 SBAGro. All rights reserved.

CITATION

SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; ROCHA, R. de C.; SILVA, R. R. da. Condições microclimáticas proporcionadas por tela de sombreamento no cultivo do tomate cereja. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.25, n.1, p.153-161, 2017.

Disclaimer: papers are published in this issue of AGROMETEOROS (v. 25, n.1, aug 2017) as accepted by the XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, held August 14-18, 2017 in Juazeiro, Bahia and Petrolina, Pernambuco, Brazil, without further revision by editorial board.

Figures modified on November 14, 2018.