

ISSN 0104-1347

Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão

Micrometeorological alterations caused by a plastic greenhouse and its effects in the growth and production of sweet pepper

Antonio Ribeiro da Cunha¹ e João Francisco Escobedo²

Resumo – O presente trabalho visou a avaliação de elementos meteorológicos, tais como: radiação solar global, temperatura e umidade relativa do ar, temperatura do solo e velocidade do vento, no crescimento e produção da cultura de pimentão em estufa plástica e a campo. O experimento foi conduzido no Departamento de Recursos Naturais – UNESP, Campus de Botucatu, SP. O período de medidas foi de 20/04 a 03/11/99 utilizando-se um sistema de aquisição automática desses dados. Em função dos resultados obtidos, observou-se que o interior da estufa plástica ao longo do ciclo da cultura de pimentão, apresentou atenuação da radiação solar global com incremento da fração difusa, valores de temperatura mínima e média do ar e de umidade relativa máxima e média do ar similares ao campo, valores menores de umidade relativa mínima do ar e maiores de temperatura máxima do ar em relação ao campo, adequada renovação de ar, e valores maiores de temperatura de solo em relação ao campo. As alterações micrometeorológicas ocorridas no interior da estufa plástica, favoreceram um maior crescimento e desenvolvimento da cultura, e com isso, proporcionaram uma maior produção e uma qualidade superior dos frutos.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., estufa plástica, radiação solar global, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do solo, velocidade do vento.

Abstract – The present work aimed the evaluation of meteorological elements (global solar radiation, air temperature and relative humidity, soil temperature and wind speed) on the growth and production of sweet pepper crop grown in plastic greenhouse and field. This experiment was carried out in the experimental area of the Natural Resource Department – UNESP, Campus of Botucatu City, São Paulo State. The period of measurement was from 20 April to 3 November 1999, using a of automated acquisition system. It was observed that the plastic greenhouse throughout the cycle of the sweet pepper crop caused an attenuation of the global solar radiation with increment of the diffuse fraction; minimum and mean air temperature and maximum and mean relative air humidity values were similar to the values observed outside; smaller values of minimum air relative humidity and higher maximum air temperature compared to the outside; appropriate renewal of air, and higher value of soil temperature in relation to the field. The micrometeorological alterations occurred inside the plastic greenhouse favored a greater growth and development of the crop leading to a larger production and superior quality of the fruits.

Key words: *Capsicum annuum* L., plastic greenhouse, global solar radiation, air temperature and relative humidity, soil temperature, wind speed.

¹Engº Agrº Dr., Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970. E-mail: arcunha@fca.unesp.br

²Prof. Adjunto, Departamento de Recursos Naturais, FCA/UNESP, Botucatu, SP. E-mail: escobedo@fca.unesp.br

Introdução

O cultivo de hortaliças em estufa plástica visa a obtenção de maior produtividade com melhor qualidade do produto final durante o ano todo. Nesse ambiente, o plástico utilizado como cobertura tem como finalidade a proteção das culturas contra adversidades meteorológicas, tais como geada, granizo, excesso de chuva e alta intensidade de radiação diurna com conseqüente elevação da temperatura do ar.

A estufa com cobertura de polietileno acarreta alterações em diversos elementos meteorológicos, sendo seus efeitos função do tipo de estrutura e de cobertura do teto e de suas laterais. Com isso, a medição dos componentes da radiação em estufas ganha importância devido as alterações por diversos fatores, tais como o sombreamento do sensor pela estrutura de sustentação da estufa, a forma e inclinação do teto, o tipo de cobertura do teto e das laterais e as reflexões internas (EDWARDS & LAKE, 1965).

O polietileno de baixa densidade transparente é o material plástico mais empregado na agricultura como cobertura desses ambientes, apresentando em torno de 70 a 90% de transmissividade à radiação de ondas curtas e em torno de 80% à radiação de onda longa (TAPIA, 1981; ROBLEDO DE PEDRO & MARTIN VICENTE, 1988). Atua como meio dispersante da radiação solar e aumenta a fração da radiação solar difusa (FARIAS et al., 1993b), sendo este efeito bastante desejável, pois a radiação solar difusa é mais efetiva para a fotossíntese por ser multidirecional e penetrar melhor entre as plantas, compensando em parte a parcial opacidade desse filme plástico à radiação solar global (MARTINEZ GARCIA, 1978).

Diversos autores mostraram aumento na produção de hortaliças em função das modificações micrometeorológicas causadas pelo uso da estufa com cobertura de polietileno transparente, como TAPIA (1981), MOUGON et al. (1989), MILLS et al. (1990), ANDRIOLO et al. (1991), REIS et al. (1991), BURIOL et al. (1993), FARIAS et al. (1993a; 1993b) e HELDWEIN et al. (1995), demonstrando a importância deste tipo de estudo, sendo específico para cada localidade e tipo de estufa utilizada.

Devido à necessidade de maiores informações com relação aos elementos meteorológicos no interior de estufa plástica cultivada com pimentão, este trabalho teve como objetivo a quantificação da radiação solar global, temperatura e umidade relativa

do ar, temperatura do solo e velocidade do vento, em relação ao crescimento e produção da cultura de pimentão cultivada em estufa plástica e a campo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de 20/04/99 à 03/11/99, na área experimental do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, SP (latitude: 22°51'S, longitude: 48°26'W e altitude: 786 m). A estufa utilizada foi do tipo túnel alto não-climatizada e orientada no sentido NNW-SSE, constituída de estrutura de ferro galvanizado e coberta com polietileno transparente de 120 µm e tela plástica preta fixa nas laterais (sombrite 50%) com 50% de transparência para a radiação solar, com as dimensões de 7,0 m de largura por 40,0 m de comprimento, altura do pé direito de 2,2 m e do arco central de 4,0 m, acima do nível do solo; e a campo, que constituiu-se de uma área externa com as mesmas dimensões da área experimental da estufa.

A cultivar de pimentão utilizada foi a Elisa. O transplântio para os dois ambientes foi efetuado aos 33 dias após a semeadura, em 20/04/99, com uma planta por cova e espaçamento de 0,30 m na linha por 1,00 m de canteiro, em 3 canteiros de 1,00 m de largura por 36,00 m de comprimento, com uma linha de cultura por canteiro, totalizando 360 plantas em cada ambiente.

O preparo do solo foi realizado na forma de canteiros e mediante a recomendação de adubação feita à partir da análise química de solo, incorporando-se os adubos no canteiro numa profundidade de 25 a 30 cm. Os adubos incorporados nos canteiros foram 3,0 kg m⁻² de esterco bovino decomposto, 100 g m⁻² da fórmula N-P-K (04-14-08), e 150 g m⁻² de termofosfato Boro-Zinco. A adubação de cobertura foi efetuada mediante a recomendação de adubação, aplicando-se 8,0 g por planta de nitrocálcio a partir dos 20 dias após o transplântio, repetindo-se por mais 4 vezes com um intervalo de 20 dias entre cada aplicação.

O controle de plantas daninhas foi feito por capinas manuais, e o controle de pragas e de doenças foi efetuado mediante exame visual do agente, inseto ou patógeno, e de acordo com recomendações técnicas do produto químico indicado.

O sistema de irrigação utilizado foi o de tubos gotejadores, com espaçamento na linha de plantio de 0,30 m entre os gotejadores. A quantidade de

água utilizada na irrigação da cultura de pimentão foi determinada baseando-se na aplicação do balanço de energia, efetuando diariamente a estimativa do fluxo de calor latente do dia anterior para a sua posterior reposição. Para isso, correlacionou-se a vazão dos tubos gotejadores em milímetros (mm) com o tempo em minutos, para estimar o tempo de irrigação (Tempo) em função da vazão dos tubos gotejadores, e através dos valores de fluxo de calor latente equivalente em milímetros de evaporação (ET) estimados do dia anterior (CUNHA et al., 2002), foi possível repor a lâmina de água evaporada do sistema, através da expressão:

$$\text{Tempo} = 9,461 (\text{ET}) \quad (1)$$

em que: Tempo é o intervalo de tempo de irrigação em minutos; e ET o fluxo de calor latente equivalente em milímetros de evaporação.

A frequência de varredura dos elementos meteorológicos foi de cinco segundos, utilizando-se dos seguintes sensores:

- 2 sensores Eppley modelo PSP para medidas de radiação solar global instalados na altura de 2 m;

- 2 sensores Eppley modelo PSP para medidas de radiação solar difusa instalados numa altura de 2m e provido de anel sombreador que bloqueia a radiação solar direta sobre o sensor (dimensões: 0,40 m de raio e 0,10 de largura);

- 2 sensores Vaisala modelo HMP45C para temperatura e umidade relativa do ar instalados na altura de 2 m;

- 4 sensores Campbell Scientific modelo 107 para medidas de temperatura do solo instalados nas profundidades de 0,10 e 0,20 m;

- 2 sensores R.M. Young's modelo 03101-5 para velocidade do vento com velocidade de partida de $0,5 \text{ m s}^{-1}$, instalados na altura de 2 m. Foi instalado apenas um sensor de cada elemento meteorológico na parte central de cada ambiente. Os sensores foram conectados a um "Micrologger 21X", com saída média dos valores em $^{\circ}\text{C}$ para a temperatura do ar e do solo, em % para a umidade relativa do ar, em m s^{-1} para a velocidade do vento, e em W m^{-2} para a radiação solar global e difusa. As medidas da radiação solar difusa foram corrigidas em função de um fator de correção, o qual é função das dimensões do anel sombreador (raio e largura), da latitude do local, da declinação solar e do ângulo horário no pôr do Sol (MELO, 1993).

A transmissividade foi determinada a partir de valores instantâneos, ou seja a cada 5 minutos, por meio da expressão:

$$T = \frac{Rg_{pt}}{Rg_{ca}} 100 \quad (2)$$

em que T é a transmissividade em %; Rg_{pt} a radiação solar global transmitida para o interior da estufa plástica em W m^{-2} ; e Rg_{ca} a radiação solar global incidente em condição de campo em W m^{-2} .

A duração do ciclo da cultura de pimentão foi de 195 dias após o transplantio (d.a.t.) para os dois ambientes.

As análises de crescimento foram feitas extraíndo-se duas plantas de cada ambiente a cada 15 dias, com início em 20/04/99, momento do transplantio. As análises constaram da altura, índice de área foliar, matéria seca total (folhas, caules, raízes e frutos) e número de folhas por planta.

A produção foi quantificada através de colheitas de frutos em 12 plantas, sendo 6 plantas para cada ambiente, e feitas semanalmente quando os frutos atingiram em torno de 60% de coloração vermelha. A colheita teve início em 07/09/99 e término em 03/11/99, num total de 9 semanas. Na colheita dos frutos foram realizadas as seguintes análises: número de frutos, peso da matéria fresca dos frutos, peso da matéria seca dos frutos, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, e espessura da polpa dos frutos.

A classificação dos frutos foi feita de acordo com normas propostas pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1998), obtendo-se as medidas de comprimento e diâmetro, as quais fornecem a classe e a sub-classe, respectivamente. Obteve-se ainda o formato e coloração dos frutos, para enquadrá-los em grupo e sub-grupo, respectivamente. A categoria do fruto de pimentão obedeceu os limites de tolerância de defeitos graves e leves para cada categoria de qualidade, permitindo a classificação nas diferentes categorias: Extra, I, II e III. A categoria Extra é limitada em até 1% e 5%, a categoria I em até 3% e 10%, a categoria II em até 5% e 15%, e a categoria III em até 10% e 100%, respectivamente, para defeitos graves e leves.

Resultados e discussão

Ocorreu um decréscimo dos valores integrados em escala diária da radiação solar global até os 97 d.a.t. (até o solstício de inverno), e após, um aumento gradativo desses valores para os dois ambientes, com exceção em dias com céu nublado (Figura 1a). Esse aumento da quantidade de radiação solar global diária foi função do movimento relativo Terra-Sol, pois após os 97 d.a.t., o Sol seguiu a trajetória em direção ao solstício de verão para o hemisfério Sul, caracterizando um fotoperíodo sempre maior que 12 horas.

Menores valores integrados da radiação solar global, em escala diária, foram observados no interior da estufa plástica, devido a uma transmissividade média da sua cobertura de polietileno transparente a essa radiação ser de 68,81% (Figura 1a).

Pela Figura 2, observa-se que no início do experimento (20/04/99) a transmissividade diária diminuiu até os 105 d.a.t. (04/08/99), período em que o Sol apresentou maior ângulo zenital de seus raios em relação à superfície da cobertura plástica utilizada, e após apresentou um aumento considerável, justificado pelo menor ângulo zenital desses raios solares, nesse período do ano. É interessante notar, que aos 21 d.a.t. (11/05/99) e aos 75 d.a.t. (05/07/99) a transmissividade apresentou picos que se destacam no período do experimento, dias em que houveram nebulosidade, dias esses que não permitem a determinação da transmissividade, pois apresentam condições de baixa energia solar.

FARIAS et al. (1993b) e CAMACHO et al. (1995) encontraram valores de transmissividade próximos a 68,81% (Figura 2). GALVANI (2001) utilizando-se da mesma estrutura e cobertura no ano anterior, obteve um valor de transmissividade de 70,6% no cultivo de pepino de inverno, demonstrando uma diminuição pequena na transmissividade no segundo ano de uso da cobertura para o cultivo de pimentão. Essa diminuição provavelmente foi devida ao acúmulo de impurezas na superfície da cobertura plástica utilizada.

Pela Figura 3, em termos médios ao longo do ciclo, a temperatura mínima foi de 13,96°C e 14,06°C, e a umidade relativa do ar de 41,54% e 45,23%, respectivamente, para a estufa plástica e a campo, com valores ligeiramente inferiores de 0,10°C para a temperatura do ar e de 3,69% para a umidade relativa do ar na estufa plástica.

Segundo SEEMAN (1979), MONTERO et al. (1985), MOUGON et al. (1989), MILLS et al. (1990), BURIOL et al. (1993) e FARIAS et al. (1993a), em termos médios, os valores de temperatura mínima do ar no interior da estufa plástica foram próximos à condição de campo, corroborando com os valores encontrados. Isto pode ser devido a elevada transmissividade à radiação de ondas longas da cobertura utilizada na estufa, em torno de 80% (TAPIA, 1981; ROBLEDO DE PEDRO & MARTIN VICENTE, 1988), e do fechamento das laterais com tela plástica preta fixa (sombrite 50%) a qual apresenta 50% de transparência à radiação solar global e permite uma entrada reduzida de vento (Figura 8). Essa tela

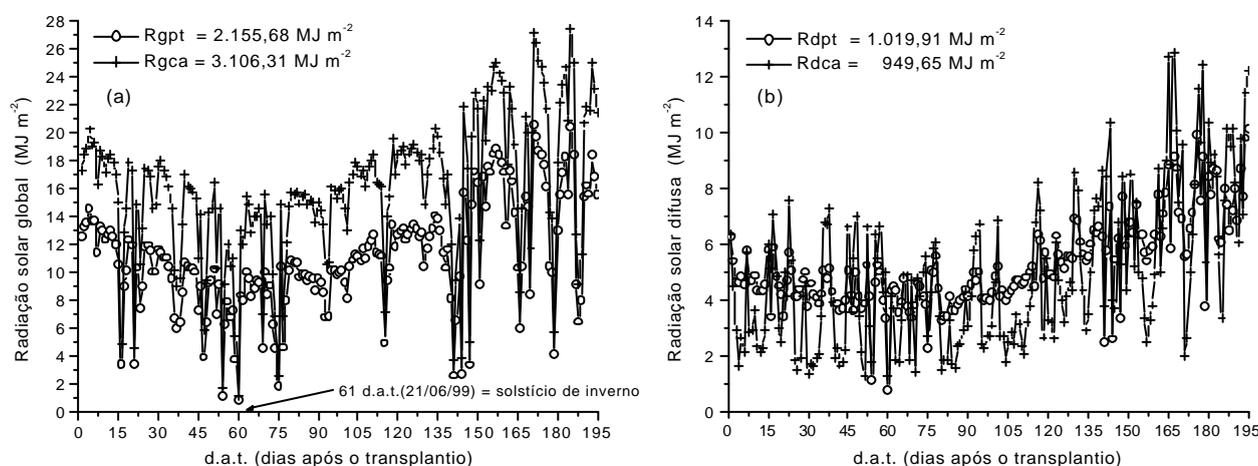


Figura 1. Valores integrados em escala diária da radiação solar global (a) e difusa (b) ao longo do ciclo da cultura de pimentão para a estufa plástica (pt) e a campo (ca). Botucatu, SP, 1999.

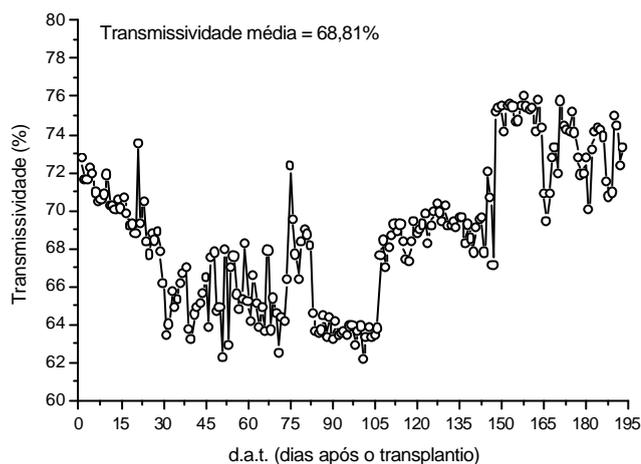


Figura 2. Valores médios diários da transmissividade à radiação solar global pela cobertura de polietileno transparente ao longo do ciclo da cultura de pimentão. Botucatu, SP, 1999.

plástica preta permite uma adequada renovação de ar noturna no interior da estufa plástica até a chegada da aurora, fazendo com que haja perdas energéticas armazenadas no seu interior durante o todo o dia, e com isso a temperatura mínima não atinge valores maiores no interior da estufa plástica em relação ao campo.

A umidade relativa mínima do ar é menor no interior da estufa plástica, devido ao maior aquecimento do ar no interior da estufa (calor sensível), momento em que também ocorre a temperatura máxima do ar, devido a um aumento da capacidade de retenção do vapor d'água em um determinado volume de ar, porém a evaporação não aumenta na mesma proporção. Essa alteração foi

também encontrada pelos autores EVANGELISTA & PEREIRA (2001).

A Figura 3a apresenta diferenças diárias de até 2,84°C entre as temperaturas mínimas do ar dos dois ambientes, sendo que a condição de campo apresentou os maiores valores na maioria dos dias do período analisado. Enquanto na Figura 3b houve diferenças diárias de até 14,87% entre as umidades relativas mínimas do ar dos dois ambientes, sendo que os maiores valores foram encontrados em condição de campo.

Observa-se pela Figura 4a que os valores diários e o valor médio de temperatura máxima do ar, ao longo do período analisado, foram superiores na estufa plástica. Os valores médios foram de 27,16°C e 24,32°C, respectivamente para a estufa plástica e a campo, mostrando uma diferença de 2,84°C a favor da estufa plástica. Os maiores valores de temperatura máxima do ar encontrados na estufa plástica é devido à inibição do processo convectivo em função da reduzida velocidade do vento, e ao maior armazenamento de calor sensível pelo ar atmosférico no seu interior em função da retenção de radiação de onda longa, aumentando assim a temperatura máxima do ar em relação ao campo. Valores maiores para esse elemento meteorológico na estufa plástica também foram encontrados por EVANGELISTA & PEREIRA (2001).

Na Figura 4b, os valores diários e o valor médio da umidade relativa máxima do ar, ao longo do período analisado, foram praticamente similares na estufa plástica. Os valores médios foram de 88,21% e 87,53%, respectivamente para a estufa plástica e a campo, mostrando uma diferença de 0,68% a favor

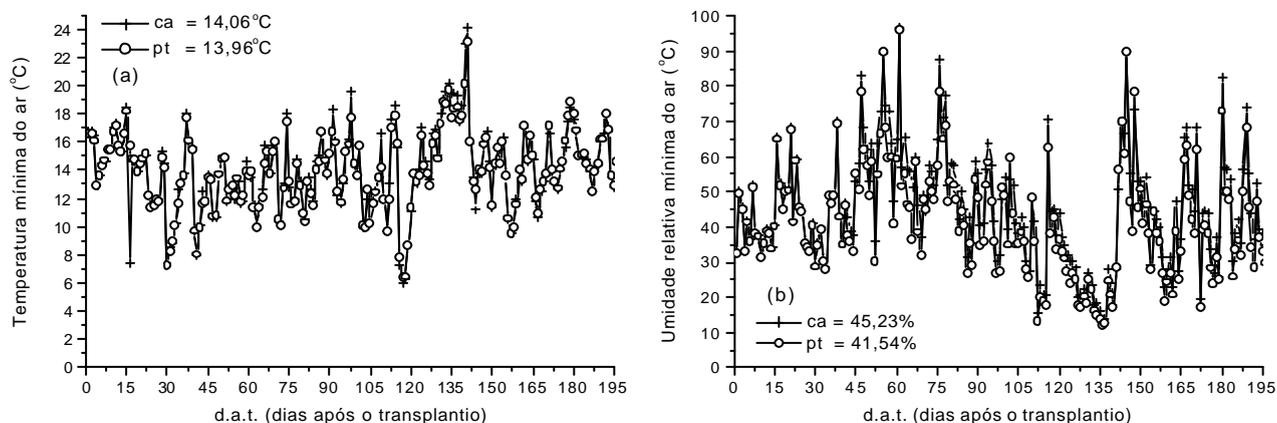


Figura 3. Valores mínimos diários de temperatura do ar (a) e umidade relativa do ar (b) ao longo do ciclo da cultura, para a estufa plástica (pt) e a campo (ca). Botucatu, SP, 1999.

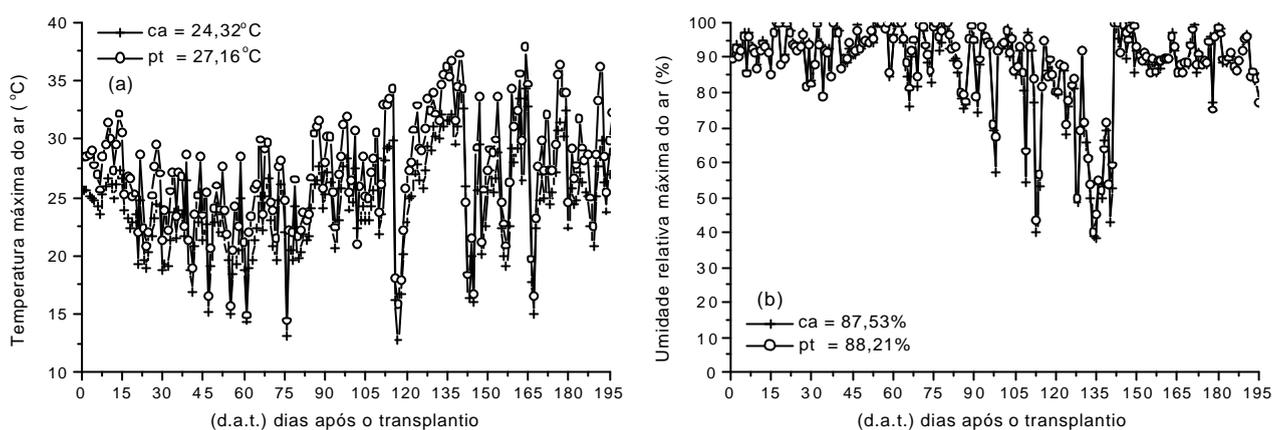


Figura 4. Valores máximos diários de temperatura do ar (a) e umidade relativa do ar (b), para a estufa plástica (pt) e a campo (ca). Botucatu, SP, 1999.

da estufa plástica. Como existe uma tela plástica preta fixa (sombrite 50%) nas laterais da estufa plástica, essa tela permite uma adequada renovação de ar noturna no interior da estufa plástica até a chegada da aurora, fazendo com que haja perdas energéticas armazenadas no seu interior durante o todo o dia. Isso faz com que haja a condensação do vapor d'água nas paredes internas da cobertura plástica utilizada, dando um incremento à umidade relativa do ar no interior da estufa plástica em relação ao campo.

MARTINS (1992), FARIA JUNIOR et al. (1993) e CAMACHO et al. (1995) encontraram também maiores valores de temperatura máxima do ar no interior da estufa plástica. Com relação à umidade relativa máxima do ar, MONTERO et al. (1985), LEVIT & GASPAS (1988) e FARIAS et al. (1993a) encontraram os maiores valores para a estufa plástica.

A Figura 4a apresenta diferenças diárias de até $6,43^{\circ}\text{C}$ entre as temperaturas máximas do ar dos dois ambientes, sendo que a estufa plástica apresentou os maiores valores na maioria dos dias do período analisado. Enquanto na Figura 4b apresenta diferenças diárias de até 13,30% entre as umidades relativas máximas do ar dos dois ambientes, sendo que os maiores valores foram encontrados na estufa plástica.

Nota-se pelas Figuras 5a e 5b, pequenas diferenças nos valores médios diários e médios ao longo do período analisado, com relação à temperatura e umidade relativa do ar entre os dois ambientes analisados. Em termos médios ao longo do período, apresentou valores de temperatura do ar de $19,41^{\circ}\text{C}$

$18,74^{\circ}\text{C}$, e valores de umidade relativa do ar de 67,14% e 67,92%, respectivamente para a estufa plástica e a campo, com valores médios ligeiramente superiores para a temperatura do ar de $0,67^{\circ}\text{C}$ e ligeiramente inferiores para a umidade relativa do ar de 0,78% para a estufa plástica. Portanto, em termos médios, os valores de temperatura e umidade relativa do ar se apresentaram similares para os dois ambientes, valores semelhantes encontrados também por FARIAS et al. (1993a).

Nota-se que a umidade relativa do ar apresenta-se inversamente proporcional à temperatura do ar para os dois ambientes, pois à medida que a temperatura do ar aumenta em função do aumento da disponibilidade energética na superfície do solo (radiação solar global), a umidade relativa do ar diminui em função do aquecimento do ar. Considerando que a estufa plástica apresenta um menor volume de ar em relação ao campo, ocorre então a inibição do processo convectivo devido à barreira física imposta pela presença do filme plástico utilizado na estufa.

A Figura 5a apresenta diferenças diárias de até $3,31^{\circ}\text{C}$ entre as temperaturas médias dos dois ambientes, sendo que a estufa plástica apresentou os maiores valores na maioria dos dias do período analisado. Enquanto na Figura 5b apresenta diferenças de até 8,01% entre as umidades relativas médias dos dois ambientes, sendo que os maiores valores foram encontrados em condição de campo.

Pela Figura 6, observa-se que os valores de temperatura do solo foram maiores na estufa plástica,

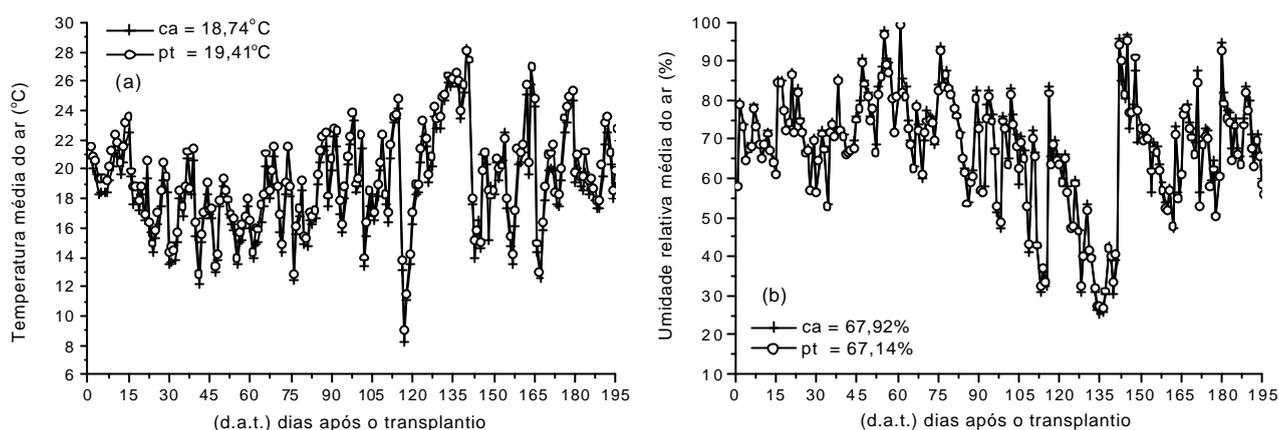


Figura 5. Valores médios diários de temperatura do ar (a) e umidade relativa do ar (b), para a estufa plástica (pt) e a campo (ca). Botucatu, SP, 1999.

independente da profundidade medida e mesmo apresentando uma disponibilidade energética menor, pois nessa condição, é menor a perda de radiação de onda longa, favorecendo o aquecimento do solo e do ar.

A diferença média de temperatura do solo entre o interior e o exterior da estufa plástica foi de 1,3°C e 0,2°C, respectivamente, para as profundidades de 0,10 e 0,20 m, demonstrando um maior armazenamento de calor na camada superficial do solo na estufa plástica.

Observando-se os valores médios diários de temperatura do solo a 0,10 m de profundidade para os dois ambientes (Figura 6), nota-se uma diferença

maior de temperatura do solo em dias mais frios, iniciando a maior diferença aos 142 d.a.t. até os 165 d.a.t. Assim a estufa coberta com polietileno transparente, funciona como um atenuador na ocorrência de baixas temperaturas de solo, proporcionando melhores condições de sobrevivência da cultura.

Na estufa plástica, a profundidade de 0,10 m apresentou-se em média valores similares (20,98°C) em relação a profundidade de 0,20 m (20,45°C). Em condições de campo, a profundidade de 0,10 m apresentou-se em média valores ligeiramente menores (19,68°C), em relação a profundidade de 0,20 m (20,25°C).

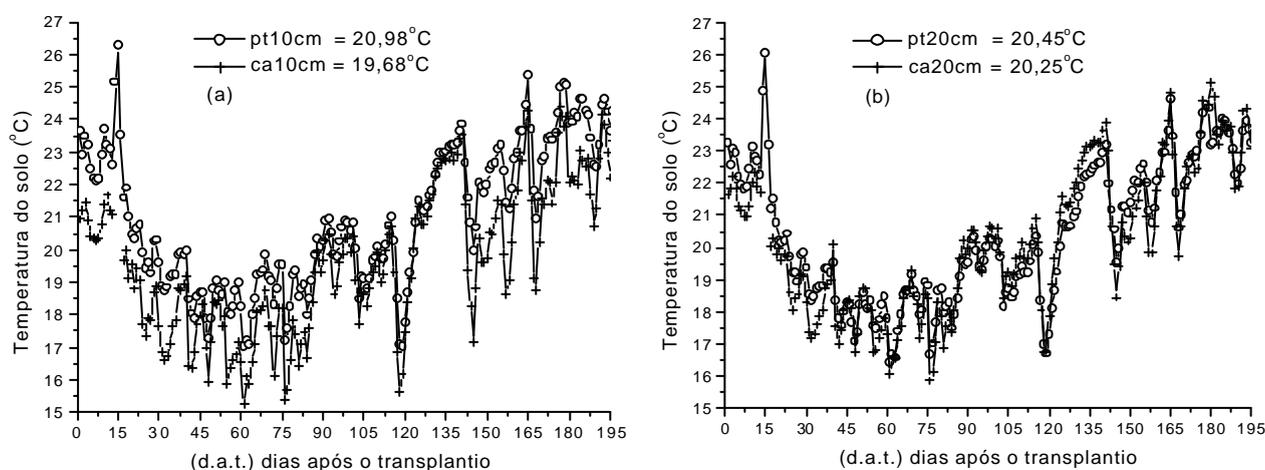


Figura 6. Valores médios diários das temperaturas do solo ao longo do ciclo da cultura de pimentão, nas profundidades de 10 cm (a) e 20 cm (b), em estufa plástica (pt) e a campo (ca). Botucatu, SP, 1999.

Como a temperatura do solo é função do balanço de radiação e das propriedades térmicas do solo, a temperatura do solo deveria ser maior em condições de campo, visto que a radiação solar incidente na estufa plástica foi em média 44% menor em relação ao campo. No entanto, a barreira física imposta pelo filme plástico utilizado na estufa, diminuiu a perda de radiação de onda longa e favorece o aquecimento do solo (Figura 6).

Na estufa plástica, as temperaturas do solo ao longo do dia variam menos, nas duas profundidades analisadas, em função da barreira física causada pelo filme plástico utilizado na estufa.

Em função da pequena variabilidade nos valores médios diários da temperatura do solo ao longo do ciclo, destaca-se um dia de céu limpo (09/10/99) para observar melhor a variação que ocorre em função da radiação solar global (Figura 7). Pela Figura 7a, ocorreram as maiores variações da temperatura do solo em função da radiação solar global na condição de campo, devido a velocidade do vento e a ausência da cobertura de polietileno transparente (barreira física). A superfície do solo perde calor para a atmosfera em determinados horários do dia, como mostra a Figura 7a, das 00h:00min às 11h:00min e das 18h:00min às 24h:00min, devido à velocidade do vento ser maior nesse período do dia em condição de campo (Figura 7b), e no restante do período, das 11h:01min às 17h:59min ocorre o inverso. Isto ocorre nas duas profundidades analisadas, sendo com um maior gradiente na profundidade de 0,10 m.

Na condição de campo, não existia a barreira física causando o mesmo efeito do filme plástico de polietileno transparente utilizado na estufa, havendo assim uma maior renovação do ar em função dos maiores valores de velocidade do vento diária ocorridos ($2,10 \text{ m s}^{-1}$ – Figura 8). Isso determinou uma maior transferência de energia da superfície do solo para o ar em condição de campo, sendo esta constatação confirmada por ROBLEDO DE PEDRO & MARTIN VICENTE (1988), BAILLE (1983) e SCHNEIDER et al. (1993), pois a vedação de uma estufa é um dos principais fatores responsáveis pela redução de perdas energéticas do seu interior.

A velocidade média do vento foi de $0,11$ e $2,10 \text{ m s}^{-1}$, na estufa plástica e a campo, respectivamente, apresentando uma velocidade do vento no interior da estufa plástica muito reduzida em relação ao campo, criando uma condição mais adequada para o crescimento e desenvolvimento das plantas no interi-

or da estufa plástica em função da barreira física criada (Figura 8).

Os meses de inverno no local onde foi conduzido o experimento, apresentam ventos fortes e constantes associados às baixas temperaturas, causando estresse térmico nas plantas, sendo que as gemas de crescimento de algumas plantas entraram em estado de dormência. Com isso houve a paralisação do crescimento e desenvolvimento delas em condição de campo, deixando-as mais sensíveis ao ataque de pragas e doenças, causando com isso uma diferença na produtividade e qualidade dos frutos entre os dois ambientes.

Na estufa plástica as plantas apresentaram maior índice de área foliar e maior quantidade de matéria seca total do que em condição de campo. Essas diferenças foram notadas aos 45 d.a.t. para o índice de área foliar e, aos 105 d.a.t. para a matéria seca total, evidenciando maior crescimento das plantas no interior da estufa plástica.

Os maiores valores encontrados para o índice de área foliar na estufa plástica, foram decorrentes do maior número e folhas de maior tamanho, contribuindo para o aumento na matéria seca total. A altura de plantas da estufa plástica apresentaram diferenças logo a partir dos 30 d.a.t., e aos 90 d.a.t. essas diferenças passaram a ser acentuadas e crescentes até atingir a altura máxima, para os dois ambientes. Maiores alturas de plantas para cultivos de pimentão em estufas plásticas, também foram encontrados pelos autores CAIXETA (1978), TEODORO (1986), FARIA JUNIOR (1997) e SANTOS et al. (1999); sendo que a altura de plantas de pimentão híbrido Elisa fica entre 80 e 90 cm para esse tipo de ambiente (PANELO, 1995; TIVELLI, 1999) (Figura 9).

Pela Tabela 1, nota-se uma diferença no número médio de frutos por planta e no peso médio dos frutos entre os ambientes, a favor da estufa plástica. Houve uma superioridade na produção de frutos obtidos na estufa plástica ($9,79 \text{ kg m}^{-2}$), mostrando um aumento percentual de 42,7% em relação ao campo ($6,86 \text{ kg m}^{-2}$). Esses resultados apresentam-se superiores aos obtidos por ROBLEDO DE PEDRO & MARTIN VICENTE (1988) que relataram, também, aumento de produção da cultura de pimentão cultivado em estufa plástica, de 3 a 4 kg m^{-2} , e em condições de campo de 1,5 a 2 kg m^{-2} ; e também por TIVELLI (1999) que obteve $3,5 \text{ kg m}^{-2}$ para esse mesmo híbrido em estufa plástica.

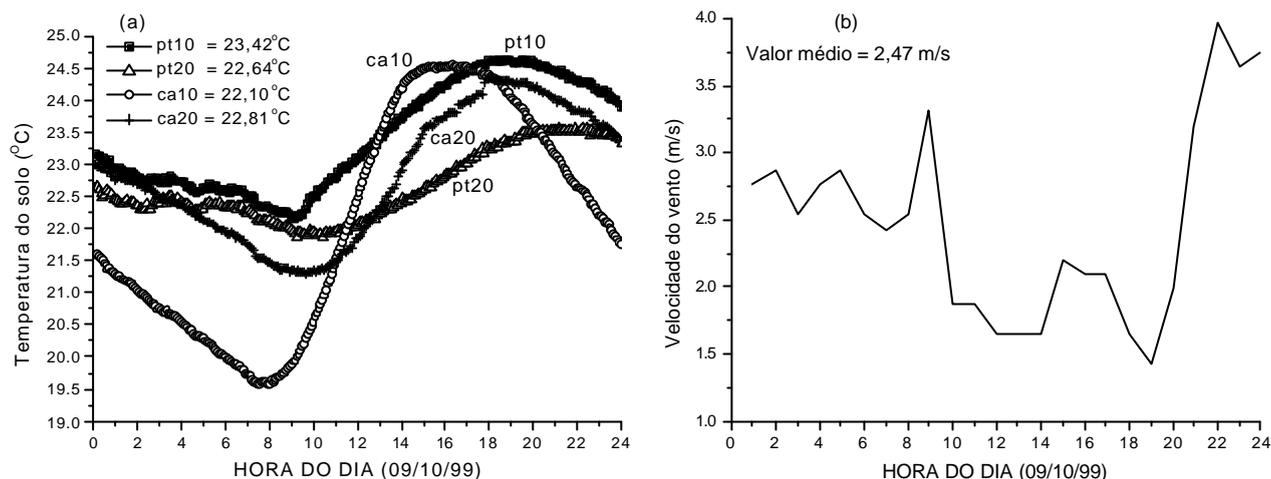


Figura 7. Variação das temperaturas do solo (a) em estufa plástica (pt) e a campo (ca) e da velocidade do vento (b) em cultivo de campo ao longo do dia 09/10/99. Botucatu, SP, 1999.

Os maiores valores médios de comprimento, diâmetro e espessura da polpa dos frutos, foram encontrados no cultivo de campo. Os valores médios de 17,90 frutos por planta, de peso de frutos de 164,4 g e produção de 2,94 kg por planta obtidos na estufa plástica, concordam com PANELO (1995) na Argentina, que obteve 18,3 frutos por planta, com peso de frutos de 150,0 g e uma produção de 2,7 kg por planta do híbrido Elisa, considerada uma alta produção.

O grupo predominante na estufa plástica foi o quadrado (42,2%), e para a condição de campo, o

retangular (20,6%), apresentando como sub-grupo o vermelho para os dois ambientes, sendo que a estufa plástica apresentou os maiores percentuais para todos os grupos analisados. A classe e sub-classe tiveram seus maiores valores na estufa plástica, com valores médios percentuais de 10,9% e 5,8%, respectivamente. Apresentando as menores percentagens de defeitos graves e/ou leves, a estufa plástica atingiu na maioria das colheitas a categoria Extra (Tabela 2).

Os maiores índices de crescimento vegetativo e de produção de frutos com melhor qualidade, que ocorreram na estufa plástica, foram principalmente, devido ao incremento na interceptação de luz no interior desse ambiente, em função do aumento da fração da radiação solar difusa (Figura 1b), a qual corresponde aos processos de difusão e/ou reflexão, e também por condições micrometeorológicas mais adequadas no seu interior; pois segundo ANDRIOLO (2000), quando não há limitações de radiação solar é estabelecido um equilíbrio entre o crescimento vegetativo da planta e dos frutos, mas quando essa radiação é excessiva, o crescimento é afetado de forma negativa, principalmente pela redução da fotossíntese e aumento da respiração.

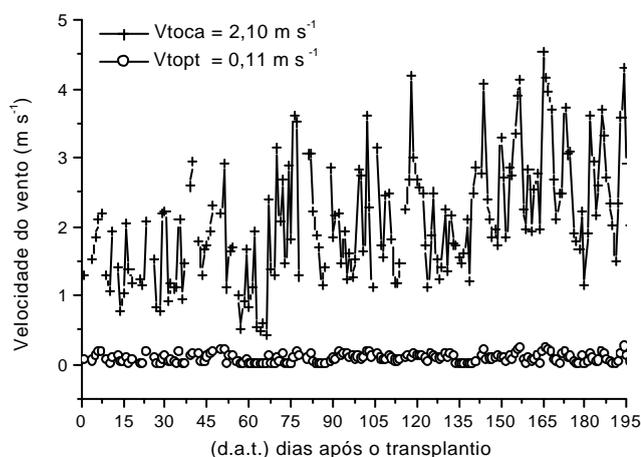


Figura 8. Valores médios diários da velocidade do vento ao longo do ciclo da cultura de pimentão para a estufa plástica (pt) e a campo (ca). Botucatu, SP, 1999.

Conclusões

A barreira física imposta pela estufa plástica, criou alterações micrometeorológicas ao crescimen-

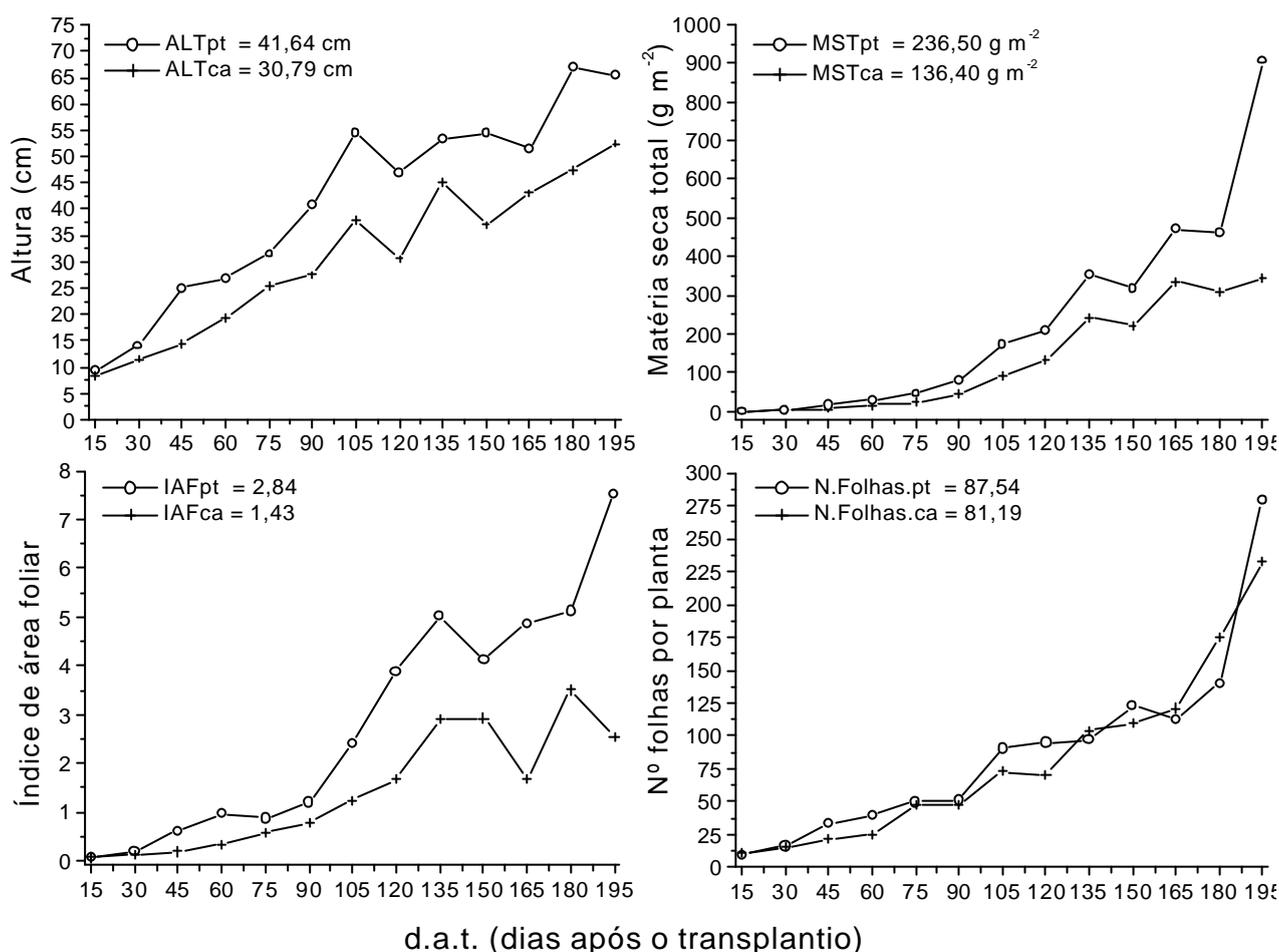


Figura 9. Altura de plantas, matéria seca total, índice de área foliar e número de folhas por planta, durante o ciclo da cultura de pimentão, para a estufa plástica (pt, o) e a campo (ca, +). Botucatu, SP, 1999.

to e produção da cultura de pimentão, permitindo concluir que:

- No interior da estufa plástica houve atenuação da radiação solar global, mas com incremento da fração difusa, em função do tipo de cobertura de polietileno utilizada;
- Os valores encontrados de temperatura mínima e média do ar, e de umidade relativa máxima e média do ar, no interior da estufa plástica foram similares ao campo;
- Foram encontrados os menores valores de umidade relativa mínima do ar e os maiores valores de temperatura máxima do ar, no interior da estufa plástica em relação ao campo;
- Houve uma adequada renovação de ar no interior da estufa plástica em função da tela plástica preta fixa nas laterais;

- Os valores de temperatura do solo apresentaram-se maiores na estufa plástica em relação ao campo, independente da profundidade medida;
- As alterações micrometeorológicas ocorridas no interior da estufa plástica, favoreceram um maior crescimento e desenvolvimento em altura de plantas, área foliar e produção de matéria seca total, e como consequência, uma maior produção com qualidade superior de frutos.

Referências bibliográficas

ANDRIOLO, J.L. et al. Influência da proteção ambiental com estufa de polietileno sobre alguns parâmetros de crescimento e desenvolvimento do pimentão, em Santa Maria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991,

Tabela 1. Valores médios do número de frutos por planta, do peso, comprimento, diâmetro e espessura da polpa dos frutos e da produção, ao longo do ciclo para a estufa plástica e a campo. Botucatu, SP, 1999.

Ambientes	Número de frutos por planta	Peso dos frutos (g)	Comprimento dos frutos (cm)	Diâmetro dos frutos (cm)	Espessura de polpa dos frutos (mm)	Produção	
						(kg/planta)	(kg/m ²)
Estufa plástica	17,90	164,43	10,33	6,59	6,32	2,94	9,79
Campo	12,80	160,89	11,03	6,67	6,67	2,06	6,86
F	9,18*	12,84	13,32**	13,54**	13,15**	9,33**	9,34*
CV%	41,20	24,12	14,22	11,25	16,27	39,86	39,79

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ UFV, 1991. p. 27-29.

ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 26-33, supl. jul., 2000.

BAILLE, A. Le contexte actuel des cultures protegees. In: **L' INRA et les cultures sous serre**. Paris: Intitut National de la Recherche Agronomique, 1983. p. 11-15.

BURIOL, G.A. et al. Modificação na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 43-49, 1993.

CAIXETA, T.J. **Estudo comparativo entre sistemas de irrigação por sulcos e gotejamento e efeito da lâmina de água e frequência de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão**. Viçosa:UFV, 1978. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1978.

CAMACHO, M.J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.

CUNHA, A.R. et al. Estimativa do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 735-743, 2002.

EDWARDS, R.I.; LAKE, J.V. Transmission of solar radiation in a large-span east-west glasshouse II.

Journal of Agricultural Engineering Research, London, v. 10, p. 125-131, 1965.

EVANGELISTA, A.W.P.; PEREIRA, G.M. Efeito da cobertura plástica de casa-de-vegetação sobre os elementos meteorológicos em Lavras, MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 952-957, 2001.

FARIA JUNIOR, M.J.A. **Avaliação de diferentes arquiteturas de estufas, coberturas do solo com filme plástico, em híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. Jaboticabal:UNESP, 1997. 102 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, 1997.

FARIA JUNIOR, M.J.A. et al. Avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa*) e de dois modelos de estufa com cobertura plástica, durante o verão, em Ilha Solteira – SP. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 2, n. 1, p. 119-128, 1993.

FARIAS, J.R.B. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 51-62, 1993a.

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

GALVANI, E. **Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) em ambientes protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera**.

Tabela 2. Classificação dos frutos de pimentão por grupo, sub-grupo, classe, sub-classe e categoria, ao longo do ciclo para a estufa plástica e a campo. Botucatu, SP, 1999.

Ambientes	Grupo (%)			Sub-Grupo	Classe	Sub-Classe	Defeitos Graves (%)	Defeitos Leves (%)	Categoria
	Retang.	Quadr.	Cônico						
Estufa plástica	38,56	42,17	10,94	Verm.	10,89	5,78	0,22	8,11	Extra
Campo	20,63	15,75	9,63	Verm.	9,22	5,00	21,62	32,37	III

Retang. = retangular; Quadr. = quadrado; Verm. = vermelho.

- vera-verão**. Botucatu:UNESP, 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, 2001.
- HELDWEIN, A.B. et al. Efeito da cobertura plástica sobre a temperatura mínima do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ UFPb, 1995, p. 304-6.
- LEVIT, G.J.; GASPAR, R. Energy budget for greenhouses in humid temperature climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 44, p. 241-54, 1988.
- MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias – INIA, 1978. 48 p. (Hoja Técnica, 19)
- MARTINS, G. **Uso da casa-de-vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão**. Jaboticabal:UNESP, 1992. 65 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, 1992.
- MELO, J.M.D. **Desenvolvimento de um sistema para medir simultaneamente radiações global, difusa e direta**. Botucatu:UNESP, 1993. 130 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, 1993.
- MILLS, P.J.W.; SMITH, I.E.; MARAIS, G. A greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 281, p. 83-94, 1990.
- MONTERO, J.I. et al. Climate under plastic in the Almería area. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 170, p. 227-234, 1985.
- MOUGON, R., MOUGON, A., BEN MECHILA, N. Comparative study of greenhouse covers with and without thermal screens. **Plasticulture**, Paris, v.81, p. 37-42, 1989.
- PANELO, M. Adaptabilidad de cultivares de pimiento a condiciones de cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, 1995.
- ROBLEDO DE PEDRO, F.; MARTIN VICENTE, L.M. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. 2. ed., Madrid: Mundi-Prensa, 1988. 573 p.
- REIS, N.V.B. et al. Cultivo de tomate com e sem cobertura plástica. I. Efeito sobre a produção e radiação interceptada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/UFV, 1991. p. 12-15.
- SANTOS, R.F. et al. Comportamento de altura de planta de dois híbridos de pimentão cultivado na estufa e a campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **CD-ROM...** Florianópolis: Epagri, 1999.
- SÃO PAULO (Estado). **Classificação de pimentão**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros, 1998. Não paginado. (Folheto).
- SCHNEIDER, F.M. et al. Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 37-42, 1993.
- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: SEEMAN, J. et al., **Agrometeorology**. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 1979. p. 165-178.
- TAPIA, G.J. Filmes térmicos para invernaderos. **Revista de los plásticos modernos**, Madrid, v. 295, p. 75-82, 1981.
- TEODORO, R.E.F. **Efeito da irrigação no crescimento e produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) conduzido em casa de vegetação e em condições de campo**. Piracicaba:ESALQ/USP, 1986. 67 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 1986.
- TIVELLI, S.W. **Sistemas de cultivo na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) vermelho em ambiente protegido**. Botucatu:UNESP, 1999. 157 p. Tese (Doutorado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, 1999.