

ISSN 0104-1347

Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica¹

Modifying the relative air humidity by using and managing a plastic greenhouse

Galileo Adeli Burio², Evandro Zanini Righi³, Flavio Miguel Schneider⁴, Nereu Augusto Streck⁴, Arno Bernardo Heldwein² e Valduino Estefane¹

Resumo - Determinaram-se as diferenças entre a umidade relativa do ar no interior e no exterior de estufas plásticas. Foram utilizados os valores registrados de duas em duas horas nos períodos de 12/01/93 a 05/12/93, 17/03/94 a 27/11/94, 11/04/95 a 10/09/95 e 23/04/96 a 18/12/96. As estufas possuíam área de 10 x 25m, com 2m de altura de pé-direito e 3,5m ao longo de toda extensão central, estrutura de madeira, com teto em forma de arco e abertura nas laterais, e estavam instaladas no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (latitude: 29°45'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95m). A umidade relativa do ar foi registrada através de um termohigrógrafo instalado no centro de cada estufa, a 1,5 m acima do nível do solo, sendo os valores obtidos de duas em duas horas por cotação dos higrógrafos. Os resultados mostraram que a umidade relativa do ar média é superior no interior das estufas em relação àquela do exterior, em todo o período noturno, e, no período diurno, só é inferior àquela do exterior nas horas do dia em que ocorre elevação da temperatura do ar, em torno das 8h às 14h. Entretanto, nos meses de inverno, nos dias em que a umidade do ar é muito elevada e nos dias com chuva e/ou com céu encoberto, a umidade relativa do ar no interior das estufas permanece mais elevada daquela do exterior durante todo o período diário.

Palavras-chave: umidade do ar, variação, estufa plástica.

Abstract - The difference between the air relative humidity inside and outside plastic greenhouses was determined. Data recorded every two hours were used in the calculations. Measurements were done at 1.5m height during the following periods: from 12 Jan 1993 to 05 Dec 1993, from 17 Mar 1994 to 27 Nov 1994, from 11 Apr 1995 to 10 Sep 1995 and from 23 Apr 1996 to 18 Dec 1996 at Santa Maria, RS, Brazil (latitude: 29°45'S, longitude: 53°42'W and altitude: 95m). The greenhouses were 10 x 25m large and 3.5m at the highest height, made by wood, with an arc-shaped roof and covered by low density polyethylene sheets. Results showed that (i) relative humidity is higher inside the greenhouses during nighttime and (ii) lower inside the greenhouses during the period from 9 am to 2 pm. However, during the winter months in those days with high air relative humidity or rainy or cloudy days, the air relative humidity is higher inside the greenhouses during all day long.

Key words: relative humidity, variation, plastic greenhouses.

¹Projeto financiado com recursos da FAPERGS

²Eng° Agr° Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Bolsista do CNPq. CEP: 97105-900, Santa Maria - RS.

³Eng° Agr°, Mestre em Agrometeorologia.

⁴Eng° Agr° Msc., Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, CEP: 97105-900, Santa Maria - RS.

Introdução

A variação da umidade do ar no interior das estufas depende principalmente da temperatura do ar e da ventilação. Por sua vez, a temperatura do ar varia principalmente em função da densidade de fluxo de radiação solar incidente e da própria ventilação, a qual depende da área, localização e manejo das aberturas e da velocidade de troca do ar do interior com o exterior.

A quantidade de vapor d'água no interior das estufas está diretamente relacionada com a umidade do solo e a temperatura do ar (ALPI & TOGNONI, 1978; SEEMAN, 1979; PRADOS, 1986; PEZZOPANE, 1995). No primeiro caso, como o solo no interior das estufas é usualmente mantido com umidade elevada, permitindo, assim, a ocorrência de evapotranspiração máxima, a quantidade de vapor d'água no ar (g vapor/g ar) é geralmente maior do que aquela no exterior, mesmo quando a umidade relativa do ar neste microambiente é inferior (PRADOS, 1986; FARIAS *et al.*, 1993; SCHIEDECK *et al.*, 1997). No segundo caso, durante o período diurno, com o aumento da temperatura ocorre um aumento da evaporação da água do solo e da transpiração das plantas, enquanto que, no período noturno, a temperatura do ar diminui, e, em função da elevada quantidade de vapor d'água no ar, o ponto de orvalho é rapidamente atingido, resultando em condensação nas superfícies resfriadas, principalmente nas paredes internas da cobertura, reduzindo a quantidade de vapor d'água no ar.

A umidade relativa do ar no interior das estufas no período diurno diminui nas horas em que a temperatura do ar encontra-se em elevação, atingindo, muitas vezes, valores inferiores aos verificados no exterior. No período noturno, em função da queda de temperatura, ocorrem valores de umidade relativa do ar elevados, freqüentemente próximos a 100%. Entretanto, mesmo que a umidade relativa do ar no interior das estufas esteja diretamente relacionada com a umidade do solo e a temperatura do ar, a magnitude das diferenças entre os seus valores registrados no interior e exterior podem variar segundo as condições climáticas do local e/ou região e, ainda, com as condições meteorológicas do momento, principalmente a radiação solar, a temperatura do ar e a velocidade do vento, associados ao manejo das aberturas das estufas.

Em vista do exposto, este estudo objetivou quantificar as diferenças entre a umidade relativa do ar no interior e exterior de estufas plásticas, nas condições climáticas de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Foram utilizados os valores de umidade relativa do ar registrados no interior e exterior de estufas nos períodos de 12/01/93 a 05/12/93, 17/03/94 a 27/11/94, 11/04/95 a 10/09/95 e 23/04/96 a 18/12/96. No ano de 1993, a umidade relativa do ar foi medida no interior de uma estufa de 10 x 25m, com 2m de altura de pé-direito e 3,5m na parte central, estrutura de madeira com teto em forma de arco e aberturas nas laterais na altura de 1m acima do nível do solo até a extremidade superior do pé-direito. A cobertura e as laterais eram constituídas de filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), com 100 μ de espessura e aditivado anti-UV. A umidade relativa do ar foi determinada através de um termohigrógrafo instalado no centro da estufa. No exterior, a umidade relativa do ar foi registrada na Estação Meteorológica, localizada a aproximadamente 150m ao Sul da estufa. A estufa encontrava-se instalada no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (latitude: 29°45'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95m) orientada no sentido leste-oeste. Nos anos de 1994, 1995 e 1996, a umidade relativa do ar foi registrada em condições semelhantes, mas numa estufa orientada no sentido norte-sul instalada a aproximadamente 100m da estação meteorológica.

O manejo das estufas constituiu-se basicamente da abertura e fechamento das laterais. Assim, nos meses de inverno, nos dias calmos ou de ventos fracos e sem chuva, eram abertas e fechadas em torno das 10h e 15h, respectivamente, e à medida que os dias tornavam-se mais longos e quentes, a abertura das laterais era realizada mais cedo e o seu fechamento mais tarde. Nos meses de primavera e início de verão, a abertura era realizada em torno das 8h e o fechamento em torno das 18h. Nos dias mais frios e/ou nos dias com chuva e, ainda, nos dias de vento forte, as estufas permaneciam todo o período diurno com as laterais fechadas.

Os valores de umidade relativa e temperatura do ar foram coletados dos termohigrogramas, para cada dia, de duas em duas horas.

As estufas, em todos os períodos estudados, foram utilizadas com o cultivo do tomateiro. O transplante do mesmo foi realizado no início de março e no início de agosto e as plantas retiradas em julho e dezembro, respectivamente. As plantas foram cultivadas em 10 filas orientadas no sentido do comprimento das estufas, espaçadas de 1m entre si e 0,33m entre plantas. Ao longo das filas, uma faixa de solo de aproximadamente 0,5m foi coberta com mulching

de polietileno de cor preta. O potencial matricial do solo, medida com tensiômetro de mercúrio, foi mantido entre -5 e -40 kPa, através de irrigação por gotejamento.

Resultados e discussão

A Figura 1 apresenta a umidade relativa do ar média de duas em duas horas no interior e exterior das estufas para os diferentes períodos de determinação: 12/01/93 a 05/12/93, 17/03/94 a 27/11/94, 11/04/95 a 10/09/95 e 23/04/96 a 18/12/96. Os valores mais elevados ocorreram no interior das estufas, sendo as maiores diferenças com o exterior no período noturno. Durante o período diurno, aproximadamente das 8h às 14h, com o aumento da densidade de fluxo de radiação solar e a conseqüente elevação da temperatura do ar, a umidade relativa do ar decresceu com mais intensidade no interior do que no exterior das estufas, alcançando valores mais baixos. Após o meio-dia, com a diminuição da densidade de fluxo de radiação solar incidente e a conseqüente queda da temperatura do ar, associada ao fechamento das estufas, a umidade relativa do ar aumentou rapidamente no interior das mesmas, atingindo, ainda no final da tarde, valores superiores àqueles do exterior.

Os valores mais baixos de umidade relativa do ar no interior das estufas em relação ao exterior, ob-

servados principalmente pela manhã, ocorrem em função da maior elevação da temperatura do ar no interior das mesmas, enquanto que a tarde os valores são mais elevados devido à maior intensidade de diminuição da temperatura do ar. Mas é importante salientar que, mesmo nos momentos em que a umidade relativa do ar no interior das estufas é inferior àquela do exterior, em função da grande quantidade de vapor d'água contido na atmosfera deste microambiente, a pressão atual de vapor d'água no ar normalmente mantém-se mais elevada no interior do que no exterior (FARIAS et al., 1993; SCHIEDECK et al., 1997). Isto pode ser observado através dos exemplos da Figura 2, onde se tem dias com umidade relativa do ar baixa e condições meteorológicas distintas: dia de vento calmo e céu límpido, dia sem vento e céu nublado e dia com vento forte (velocidade superior a 4 m s^{-1}). Observa-se que, em todos os dias considerados, no período diurno, quando a umidade relativa do ar no interior das estufas foi mais baixa em relação àquela do exterior, a tensão de vapor do ar foi superior. Entretanto, em dias de vento forte, no período noturno, em função da intensa mistura das diferentes camadas de ar, permitindo que a temperatura do ar externo às estufas se mantenha mais elevada daquela do interior das mesmas (BURIOL et al., 1993), podem ocorrer valores de pressão atual de vapor no seu interior mais baixos daqueles do exterior (Figura 3). Porém, nas mesmas condições de vento

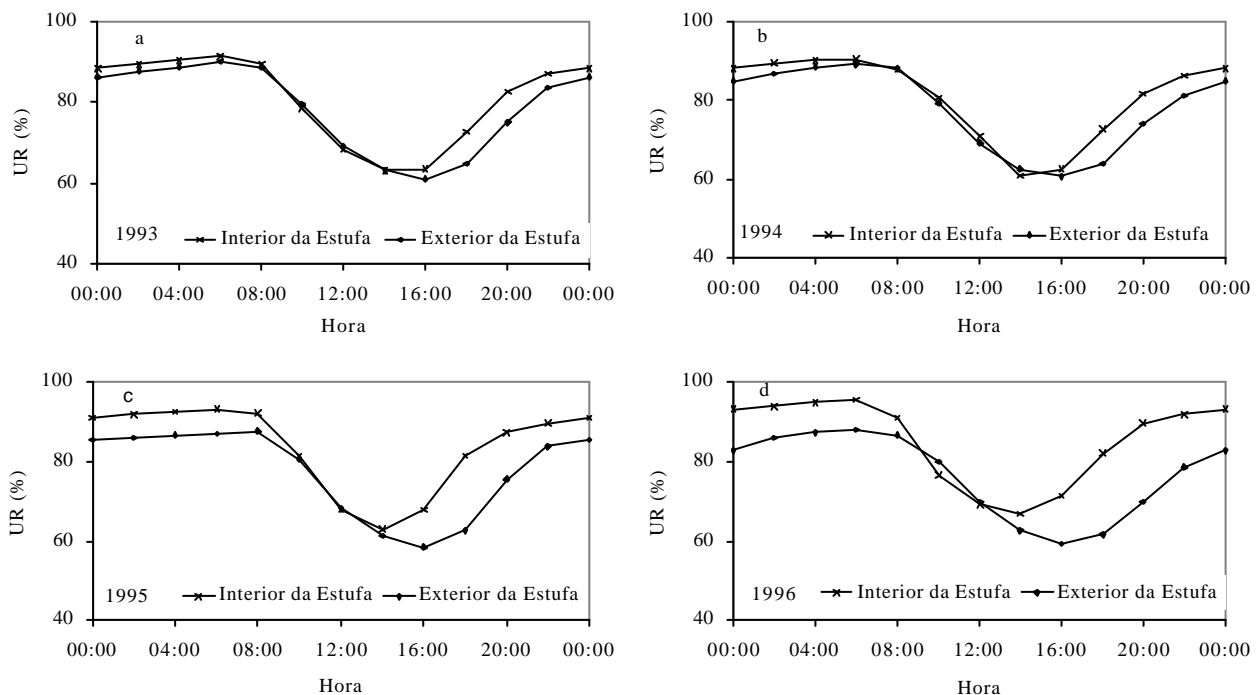


Figura 1. Umidade relativa do ar (UR), média de duas em duas horas, períodos 12/01/93 a 05/12/93 (a), 17/03/94 a 27/11/94 (b), 11/04/95 a 10/09/95 (c) e 23/04/96 a 18/12/96 (d) no interior e exterior da estufa. Santa Maria, RS.

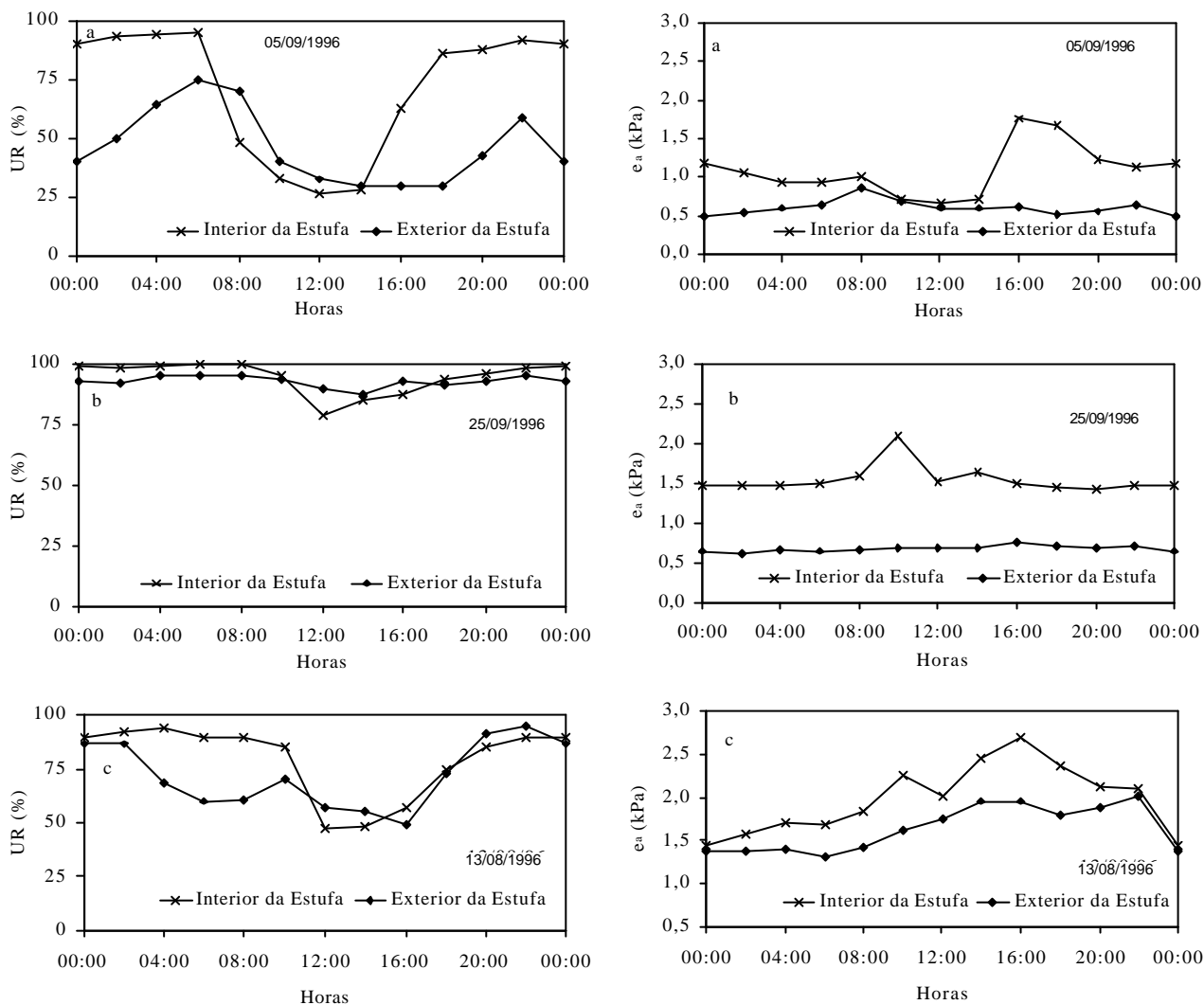


Figura 2. Umidade relativa do ar (UR) e pressão atual de vapor (e_a) no interior e exterior da estufa, valores de duas em duas horas, nos dias 05/09/96, dia calmo e céu límpido (a), 25/09/96, dia sem vento e céu nublado (b) e 13/08/96, dia com vento forte (c). Santa Maria, RS.

forte, no período diurno isto não ocorre, pois as estufas são mantidas fechadas, resultando num intenso aumento da temperatura do ar, e como a umidade do solo neste ambiente é maior do que no exterior, a evaporação também é mais intensa, consequentemente, o conteúdo de vapor d'água no ar torna-se mais elevado. Esta situação pode repetir-se em noites consecutivas de vento, como se observa na Figura 3b.

A ventilação natural é outro fator que interfere na maior intensidade de variação da umidade relativa do ar no interior das estufas em relação ao exterior. Ao abrir as cortinas das estufas, ocorre a substituição do ar úmido interno pelo ar externo. Esta substituição é lenta em dias de vento calmo, sendo mais rápida quanto maior for a velocidade do vento e a

área das aberturas para ventilação e menor a relação volume de ar/área das estufas. Desta forma, pela manhã, no momento da abertura das estufas, a umidade relativa do ar no interior tende diminuir em função da troca do ar úmido do interior com o ar mais seco do exterior e, no momento do seu fechamento, a umidade aumenta rapidamente em consequência do vapor d'água da transpiração das plantas e da evaporação do solo ficar retido no seu interior.

Os dois exemplos da Figura 4 ilustram esta variação. São dois dias de céu límpido, de inverno e primavera, respectivamente. Observa-se que, ao nascer do sol, a temperatura e a umidade relativa do ar no interior das estufas aumentam rapidamente. Era de se esperar que, devido à elevação da temperatura do ar, ocorresse diminuição da umidade relativa. En-

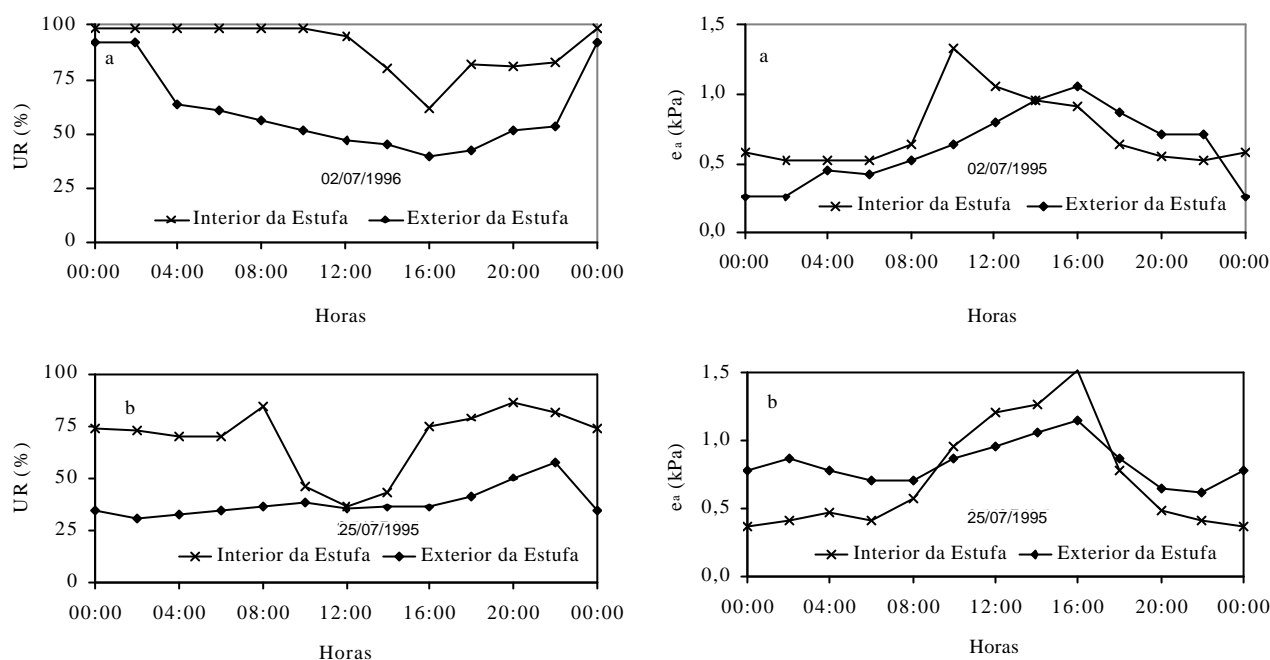


Figura 3. Umidade relativa do ar (UR) e pressão atual de vapor (e_a) no interior e exterior da estufa, valores de duas em duas horas, nos dias 02/07/95 (a) e 25/07/95 (b), dias com vento intenso de direção norte. Santa Maria, RS.

tretanto, até aproximadamente uma hora após o nascer do sol observa-se um aumento da umidade relativa do ar, só após ocorrendo diminuição. Este fenômeno explica-se pela evaporação da camada de água condensada na superfície interna do filme de polietileno aquecido pela radiação solar. A seguir, observa-se uma diminuição intensa da umidade relativa do ar em consequência da rápida elevação da temperatura do ar e, ainda, da maior intensidade de aumento da pressão de saturação do ar do que da pressão atual de vapor. Este processo é intensificado com a abertura das estufas devido à troca do ar interno pelo externo da mesma, este, normalmente mais seco. Com o fechamento das estufas, apesar do aumento da temperatura do ar, a interrupção das trocas gasosas com o exterior provoca um aumento rápido da umidade relativa do ar. Esse aumento se estende até aproximadamente 30 a 60 minutos, dependendo do horário do fechamento e das condições meteorológicas, diminuindo novamente em função da elevação da temperatura após o fechamento das estufas. Mas a duração deste abaixamento da umidade relativa do ar é breve em função da posterior diminuição da temperatura do ar que acontece no final do dia e a umidade relativa do ar volta a aumentar.

Ao considerar-se períodos de registros da umidade relativa do ar menores, como as estações do ano, meses ou dias, as diferenças entre os valores médios registrados no interior e exterior das estufas podem

diferir daqueles representados na Figura 1, em função, principalmente, das diferenças das condições atmosféricas e do manejo das aberturas das estufas em cada época ou dia. Desta forma, nos meses mais frios do ano, quando o número de dias com chuva e encobertos são mais frequentes no Estado do Rio Grande do Sul (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989) e o tempo em que as estufas permanecem abertas é menor, a umidade relativa do ar no seu interior permanece mais elevada do que no exterior durante todo o dia. Tomando-se como exemplo a média de duas em duas horas nos meses de junho e julho de 1996, meses com temperaturas do ar baixas e dias curtos, Figura 5, observa-se que a umidade relativa do ar no interior das estufas foi sempre superior àquela do exterior, enquanto que nos meses de maio e agosto, quando a temperatura do ar foi mais elevada e os dias mais longos, a umidade relativa do ar no interior no período entre aproximadamente 8 e 14h, foi menor (Figura 5).

O que se observa com os valores mensais, pode igualmente ocorrer com os dados diários. Assim, em dias límpidos e calmos, quando normalmente as estufas são abertas durante o dia, a umidade relativa do ar no interior da mesma alcança, geralmente, valores inferiores àqueles do exterior, tanto em dias frios de inverno, Figura 6a, como em dias quentes de outono, verão e/ou primavera, Figura 6b. Entretanto, nos dias frios e nublados, quando as estufas são mantidas fe-

Figura 4. Registro da temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa nos dias 15 e 16/05/93 (a) e 19 e 20/08/93 (b): 1 - nascer do sol, 2 - abertura da estufa, 3- fechamento da estufa. Santa Maria, RS.

chadas todo o dia e/ou abertas mais tarde e fechadas mais cedo, a umidade do ar geralmente permanece o dia todo mais elevada no interior do que no exterior, como pode ser observado na Figura 6c. O mesmo pode ocorrer em dias de vento forte, seco e quente, quando, para evitar possíveis rupturas do plástico, deixam-se as estufas fechadas todo o dia, Figura 6d.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que os valores da umidade relativa do ar no interior das estufas plásticas sob condições de cultivo na região central do Estado do Rio Grande do Sul permanecem na maior parte do tempo acima daqueles verificados no ambiente externo. Os mesmos estão de acordo com aqueles obtidos em trabalhos realizados em outros locais do Estado, como nos municípios de Pelotas (FARIAS *et al.*, 1993) e Bento Gonçalves (SCHIEDECK, *et al.*, 1997).

Conclusões

- A umidade relativa do ar é, em média, mais elevada no interior do que no exterior das estufas.
- A umidade relativa do ar no interior das estufas alcança valores inferiores àqueles do exterior, geralmente, no período diurno quando a temperatura é crescente, em torno das 8 às 14 horas. Isto ocorre principalmente em dias límpidos.
- A pressão atual de vapor é mais elevada no interior do que no exterior das estufas, mesmo quando a umidade relativa do ar no interior é menor do que no exterior.
- O manejo das aberturas das estufas afeta significativamente os valores da umidade relativa do ar.

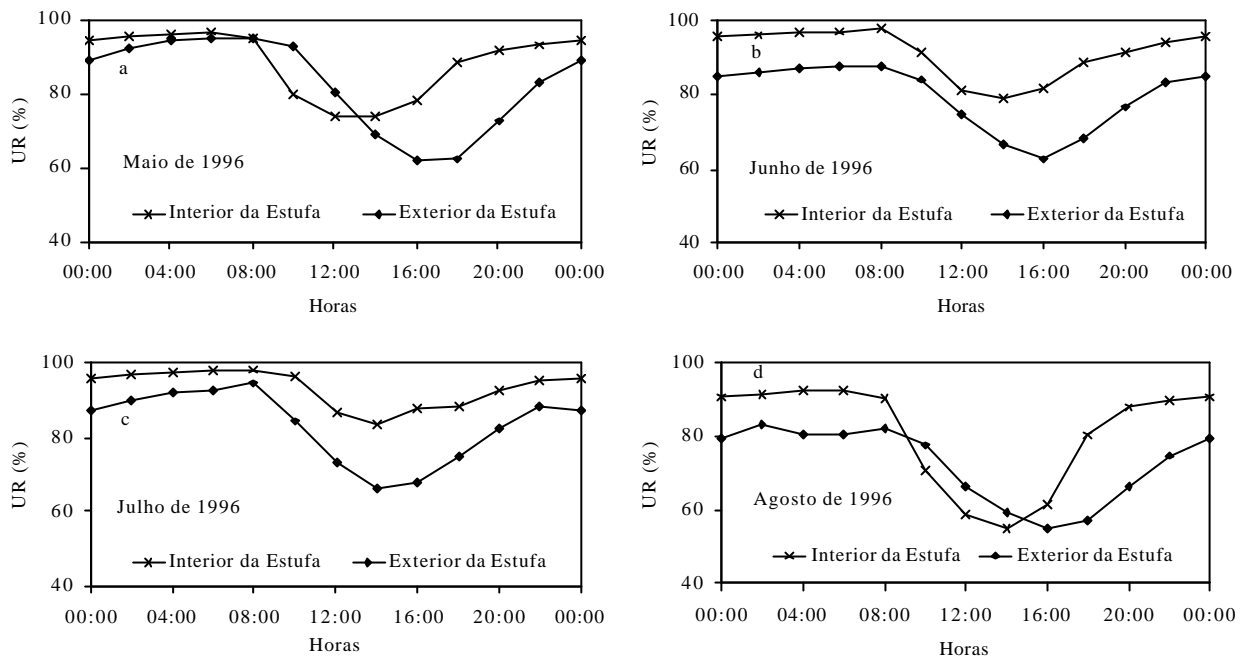


Figura 5. Umidade relativa do ar média (UR) no interior e exterior da estufa, valores de duas em duas horas nos meses de maio (a), junho (b), julho (c) e agosto (d) de 1996. Santa Maria, RS.

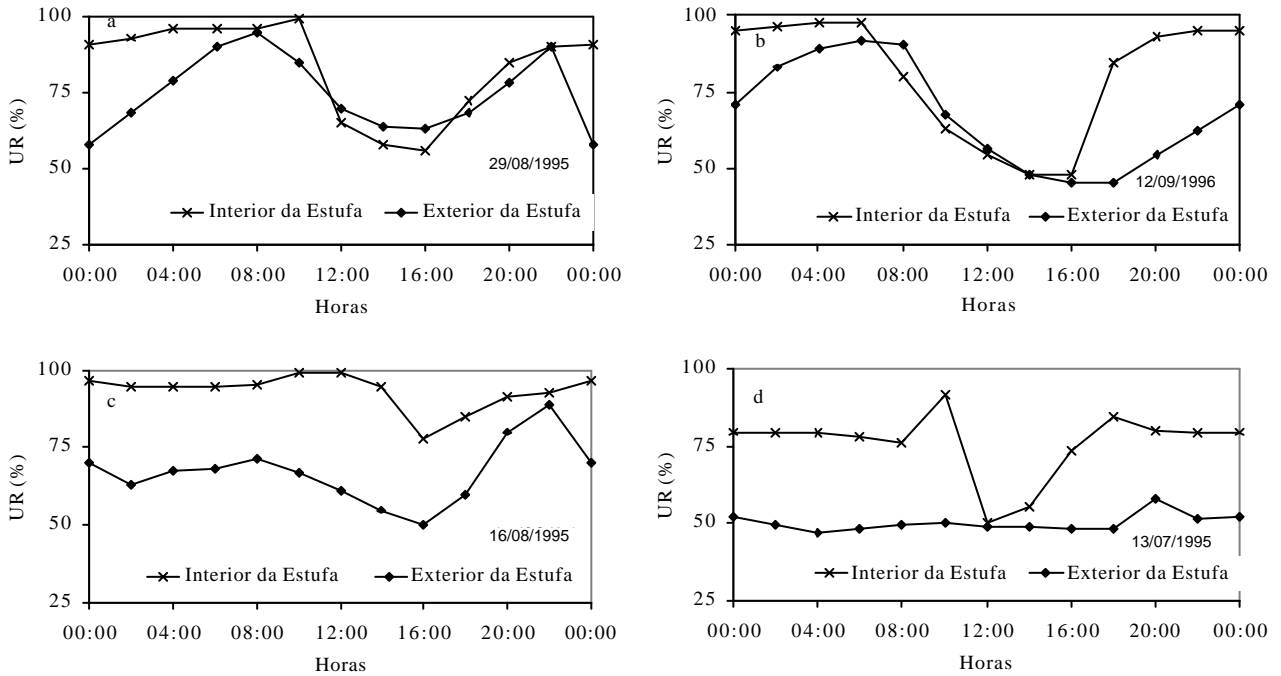


Figura 6. Umidade relativa do ar (UR), valores de duas em duas horas, num dia calmo, de céu límpido e frio (a), num dia calmo, céu límpido e quente (b), num dia frio com céu encoberto (c) e num dia quente com vento forte (d). Santa Maria, RS.

Referências bibliográficas

- ALPI, A., TOGNONI, F. **Culturas em estufas**. Lisboa : Editorial Presença, 1978. 196 p.
- BURIOL, G.A., SCHNEIDER, F.M., ESTEFANEL, V. 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 n. 1, p. 43-49, 1993.
- FARIAS, J.R.B., BERGAMASCHI, O., MARTIN, S.R. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 1, p. 51-62, 1993.
- FERNANDEZ, M.D., ORGAZ, F., LOPEZ-GÁLVEZ, J. La Demanda Evaporativa en el Invernadero Parral. In: SIMPOSIUM IBERO AMERICANUM SOBRE "APLICACION DE LOS PLÁSTICOS EN LAS TECNOLOGIAS AGRÁRIAS", 1., 1995, Almeria, **Resumes**, Almeria : INIA, 1995, p. 231-238.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1979. 271 p. (Boletim Técnico n. 3).
- PEZZOPANE, J.E.M., PEDRO JÚNIOR, M.J., ORTOLANI, A.A. Modificações microclimáticas provocadas por estufa com cobertura plástica. **Bragantia**. Campinas, v. 54, n. 2, p. 419-425, 1995.
- PRADOS, N.C. **Contribucion al Estudio de los Cultivos Enarenados en Almeria: Necesidades Hídricas y extracion de los Nutrientes del Cultivo de Tomate de Crecimiento Indeterminado en Abrigo de Polietileno**. Caja Rural Provincial : Almeria, Espanha, 1986. 195 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Caja Rural Provincial, 1986.
- SCHIEDECK, G., MIELE, A., BARRADAS, C.I.N. et al. Fenologia da videira rosada cultivada em estufa e a céu aberto. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 199-206, 1997.
- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: SEEMAN, J. et al. **Agrometeorology**, 1979. p. 165-178.