

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**VARIAÇÃO DE ALGUNS ELEMENTOS  
MICROMETEOROLÓGICOS NO DOSSEL DE  
PLANTAS DE BATATA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Ivonete Fátima Tazzo**

**Santa Maria, RS – Brasil  
2005**

**VARIAÇÃO DE ALGUNS ELEMENTOS  
MICROMETEOROLÓGICOS NO DOSSEL DE PLANTAS DE  
BATATA**

**por**

**Ivonete Fátima Tazzo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria (RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**MESTRE EM AGRONOMIA.**

**Orientador: Prof. Arno Bernardo Heldwein**

**Santa Maria - RS, Brasil  
2005**

T248v

Tazzo, Ivonete Fátima, 1973-

Variação de alguns elementos micrometeorológicos no dossel de plantas de batata / por Ivonete Fátima Tazzo ; orientador Arno Bernardo Heldwein. – Santa Maria, 2005.

86 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

1. Agronomia 2. *Solanum tuberosum* 3. Batata 4. Transmitância de radiação 5. Perfil térmico I. Heldwein, Arno Bernardo, orient. II. Título

CDU: 633.491

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes CRB-10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

## **DEDICO**

Aos meus pais José e Lúcia Tazzo.  
Às minhas irmãs Izonete e Eliane e ao meu  
irmão Claudécir.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Centro de Ciências Rurais pelos conhecimentos adquiridos durante a minha formação acadêmica e de Pós-Graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e a CAPES pela concessão de bolsa e pela possibilidade de realização do Curso de Mestrado.

Ao Prof. Arno Bernardo Heldwein, agradeço pela orientação, pelo apoio, amizade e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Prof. Galileo Adeli Buriol, pela sua colaboração e exemplo.

Ao Prof. Nereu Augusto Streck pelo apoio e amizade.

Aos meus pais José e Lúcia Tazzo pelo exemplo de vida, pelo amor, dedicação e apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

As minhas irmãs Izonete e Eliane e ao meu irmão Claudécir pela dedicação e amizade.

As minhas amigas Graciela Maldaner, Gládis Jucoski, Ivana e Juciane Ferrigolo pela convivência e amizade.

Aos meus colegas e amigos Luciano Streck, Edenir Grimm Gustavo Trentin, Carina Pivetta, Joel C. da Silva, pelo companheirismo e pela amizade.

Aos colegas do Setor de Climatologia pela ajuda nos trabalhos realizados.

A todos os professores da Universidade Federal de Santa Maria que contribuíram para a minha formação.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **VARIAÇÃO DE ALGUNS ELEMENTOS MICROMETEOROLÓGICOS NO DOSSSEL DE PLANTAS DE BATATA**

AUTORA: IVONETE FATIMA TAZZO  
ORIENTADOR: ARNO BERNARDO HELDWEIN  
Santa Maria, 28 de fevereiro de 2005.

A cultura da batata (*Solanum tuberosum*) apresenta muitos problemas de cultivo como as pragas e as doenças, que se estabelecem nas plantas se as condições ambientais forem favoráveis. Os elementos meteorológicos mais importantes que condicionam a infecção causada por patógenos são a temperatura e a umidade do ar. Com o objetivo de determinar a variação de alguns elementos micrometeorológicos (radiação solar transmitida, temperatura e umidade do ar) no dossel de plantas de batata, foram realizados dois experimentos, com a cultivar Macaca, um na primavera em uma propriedade rural, localizada no município de Silveira Martins, RS, de 15/10 a 05/12/2003, e um segundo no outono na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, de 27/03 a 08/06/2004. Para as determinações de temperatura e umidade do ar foi instalada uma torre com cinco níveis de medições psicrométricas contínuas e três repetições com dois pares psicrométricos instalados a meia altura das plantas e a 1,0 m de altura. Cada par psicrométrico constou de dois termômetros de resistência elétrica de platina (Pt-100), instalados no interior de um mini-abrigo. Mediu-se também a radiação solar transmitida pelo dossel de plantas, com um tubosolarímetro, e em 2004, o saldo de radiação acima do dossel, em duas repetições. Todos esses sensores foram ligados a um datalogger, armazenando-se continuamente as médias de períodos de 10 minutos. Em uma estação automática mediram-se os valores horários da velocidade do vento a 2,0 m de altura, precipitação pluviométrica e densidade de fluxo da radiação solar incidente. As avaliações fenométricas consistiram nas determinações do índice de área foliar e estatura das plantas. Verificou-se que a radiação solar transmitida pode ser descrita por uma função exponencial negativa com o índice de área foliar e com os dias após o transplante, e a mesma tende a ser maior em períodos com precipitação. Os maiores valores de temperatura máxima diária geralmente ocorreram no meio ou no topo do dossel, e os menores valores ocorreram acima de 1,0 m de altura, com exceção dos dias com vento “Norte”, em que os perfis térmicos tendem a se inverter. No período de maior aquecimento no dia e no momento da temperatura máxima, os gradientes de temperatura do ar mais acentuadas ocorreram em dias límpidos e com baixa velocidade do vento. As temperaturas mínimas diárias em média são maiores a cerca de 0,5 m acima do dossel e menores em meio ao dossel, exceto sob condições de céu encoberto, com ou sem chuva. A temperatura e a temperatura do ponto de orvalho do ar, bem como seus gradientes foram maiores no período diurno do que no período noturno. Os valores diários máximos e mínimos de umidade relativa e de temperatura do ponto de orvalho do ar decrescem gradativamente desde próximo a superfície do solo, dentro do dossel até cerca de 2,0 m de altura, sendo o gradiente vertical menor em dias de ventos calmos, com céu nublado e nos períodos de chuva. Ventos fortes a moderados tem pouco efeito na atenuação do gradiente da temperatura do ar durante o dia, porém atenuaram significativamente o gradiente da temperatura do ponto de orvalho do ar durante o período de resfriamento noturno, inclusive na hora da temperatura mínima.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, radiação solar transmitida, perfis térmicos.

## ABSTRACT

Master of Science Dissertation  
Post Graduate in Agronomy  
Universidade Federal de Santa Maria

### VARIATION OF SOME MICROMETEOROLOGICAL ELEMENTS IN A POTATO CANOPY

AUTHOR: IVONETE FÁTIMA TAZZO

ADVISER: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Santa Maria, February 28<sup>th</sup>, 2005.

Potato (*Solanum tuberosum*) crop has many cultivation problems such as pests and the diseases, that settle down in the plants if the environmental conditions are favorable. The more important meteorological elements for infection caused by pathogens are temperature and air humidity. The variation of some micrometeorological elements (the transmittance to the global solar radiation, temperature and air humidity) of a potato canopy, "Macaca" cv was determined. Two experiments were carried out, the first in the spring, from 15/10 to 05/12/2003, in the county of Silveira Martins, RS and the second in the autumn, from 27/03 to 08/06/2004, in the experimental area of the Crop Production Department of the Universidade Federal de Santa Maria, RS. A tower with five heights of continuous psychrometric measurements was installed for the temperature and air humidity measurements with three replications installed at middle canopy and at 1,0m above the soil. Each psychrometric couple consisted of two thermometers of electric resistance of platinum (Pt-100), installed inside of a micro-shelter. The incident solar radiation below of canopy was also measured, with a solarimeter tube, and in 2004, the radiation balance above the canopy, using two replications. The sensors were plugged to a datalogger, being continually stored the averages of periods of 10 minutes. The hourly values of the wind speed was measured at 2,0m above the soil, precipitation and flux density of the incoming solar radiation were determined using an automatic weather station. Phenometric evaluations consisted of the determinations of the leaf area index and height of the plants. The transmittance can be described by a negative exponential as a function of leaf area index and days after the transplant, and the transmittance tends to be larger in periods with precipitation. The largest values of daily maximum temperature generally happened in the middle or at the top of the canopy and the smallest values happened above 1,0m height, except for the days with "North" wind, when thermal profiles tend to invert. In the period of highest air heating during the day and in the moment of the maximum temperature, the more accentuated gradients of the air temperature occurred during clear days and with low wind speed. The daily minimum temperatures on the average were larger at about 0,5m above the canopy and smaller in the middle canopy, except under conditions of cloudy sky, with or without rain. The air temperature and the dew point air temperature, as well as its gradients, were larger during daytime than during nighttime. The daily maximum and minimum values of the relative air humidity and the dew point temperature of the air decreased gradually from near the soil surface, inside of the canopy to about 2,0m of height, with the smaller vertical gradient in days of calm winds, with cloudy sky and in the rain periods. Strong and moderate winds had little effect in the attenuation of the gradient of the air temperature during the day, although they significantly attenuated the gradient of the dew point temperature of the air during the cooling period of night, including in the hour of the minimum temperature.

Key words: *Solanum tuberosum*, transmitted solar radiation, termical gradients.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Miniabrigos dos pares psicrométricos instalados na cultura da batata, primavera de 2003 e outono de 2004.....	28
FIGURA 2	Tubo solarímetro instalado no interior da cultura da batata, cultivar Macaca, outono de 2004. Santa Maria, RS, 2004.....	34
FIGURA 3	Índice de Área Foliar (IAF) da cultura da batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	36
FIGURA 4	Índice de Área Foliar (IAF) da cultura da batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Santa Maria, RS, outono de 2004.....	36
FIGURA 5	Estatua média das plantas de batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	37
FIGURA 6	Estatua média das plantas de batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Santa Maria, RS, outono de 2004.....	37
FIGURA 7	Velocidade média do vento a 2 m de altura ( $m s^{-1}$ ) e precipitação ( $mm dia^{-1}$ ) acima da cultura da batata, cultivar Macaca. Silveira Martins, RS, primavera de 2003 (a) e Santa Maria, outono de 2004 (b).....	38
FIGURA 8	Radiação solar global ( $MJ m^{-2} h^{-1}$ ) obtida num tubosolarímetro instalado a 0,05 m de altura (Tubo) e num piranômetro instalado acima do dossel de plantas da cultura de batata (na estação), em diferentes dias após a emergência (DAE), com diferentes índices de área foliar (IAF) e radiação solar transmitida média diária (Tr em %), cultivar Macaca. Santa Maria, outono de 2004.....	40



FIGURA 9	Índice de área foliar (IAF) e radiação solar transmitida média diária (Tr, em %) medida num tubo solarímetro a 0,05 m em relação a um piranômetro acima do dossel da cultura de batata, cultivar Macaca, em alguns dias após a emergência (DAE). As colunas hachuradas representam a Tr em dias com chuva. Santa Maria, RS, outono de 2004.....	41
FIGURA 10	Relação entre a radiação solar transmitida média diária (Tr, em %) obtida em dias sem chuva num tubo solarímetro a 0,05 m em relação a um piranômetro acima do dossel da cultura de batata, cultivar Macaca, em função do tempo em dias após a emergência (DAE) (a) e do índice de área foliar (IAF) (b). Santa Maria, RS, outono de 2004.....	41
FIGURA 11	Média do Saldo de radiação ( $R_n$ , em $MJ\ m^{-2}\ h^{-1}$ ) medido em dois saldoradiômetros acima de um dossel de plantas de batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, outono de 2004.....	43
FIGURA 12	Diferenças (Dif) das temperaturas máximas entre 2,2 m e 0,15 m e entre 2,0 m e 0,10 m de altura, após a data de emergência (DAE), na cultura da batata, cultivar Macaca, na primavera de 2003 (a) e no outono de 2004 (b), Silveira Martins, RS, 2003 e Santa Maria, RS, 2004.....	56
FIGURA 13	Diferenças (Dif) das temperaturas mínimas entre 2,2 m e 0,15 m e entre 2,0 m e 0,15 m de altura, após a data de emergência (DAE), na cultura da batata, cv. Macaca, na primavera de 2003 (a) e no outono de 2004 (b). Silveira Martins, RS, 2003 e Santa Maria, RS, 2004.....	57
FIGURA 14	Temperatura média do dia ( $^{\circ}C$ ) diurno no horário das 11 h às 17 h (a) e noturna no horário das 21 h às 04 h (b) medida em três níveis (0,15 m; 1,5 m e 2,2 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	58
FIGURA 15	Diferença (Dif) de temperatura média ( $^{\circ}C$ ) diurna das 11 h às 17 h (a) e noturna no horário das 21 h às 04 h (b), entre os níveis de 2,2 m e	

	0,15 m de altura, após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	59
FIGURA 16	Temperatura média diária (°C) a 2,2 m e a 0,15 m de altura e velocidade do vento a 2,0 m de altura ( $U_2 \text{ m s}^{-1}$ ), em um dossel de plantas de cultura da batata, cultivar Macaca, aos 50 dias após emergência (50 DAE) em 10/11, 52 DAE (11/11), 57 DAE (16/11) e 69 DAE (28/11).Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	60
FIGURA 17	Temperatura média do ar no período mais quente do dia (11 h às 17 h) (a) e de resfriamento noturno no horário das 21 h às 04 h (b), medida em três níveis (0,10 m; 1,5 m e 2,0 m de altura) após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, outono de 2004.....	62
FIGURA 18	Diferença média de temperatura do ar (Dif) entre nos níveis de 2,0°m e 0,10 m de altura após a data de emergência (DAE) em um dossel de plantas de batata, cv. Macaca, nas horas mais quentes do dia, entre 11 h e 17 h (a), e durante o período da noite das 21 h às 04 h (b). Santa Maria, RS, outono de 2004.....	62
FIGURA 19	Temperatura média do ar (°C) a 2,0 m ( $T_{2,0}$ ) e a 0,10 m ( $T_{0,10}$ ) de altura e velocidade do vento a 2,0 m de altura ( $U_2 \text{ m s}^{-1}$ ), em um dossel de plantas de cultura da batata, cultivar Macaca, aos 19 dias após emergência (DAE) (05/04), 36 DAE (22/04), 51 DAE (07/05) e 53 DAE (09/05). Santa Maria, RS, outono de 2004.....	64
FIGURA 20	Temperatura do ponto de orvalho média (°C) no período diurno das 11 h as 17 h (a) e à noite, no horário das 21 h às 04 h (b), medida em três níveis (0,15 m; 1,5 m e 2,2 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	66
FIGURA 21	Diferença da temperatura do ponto de orvalho do ar (Dif) nos níveis 2,2 m e 0,15 m de altura, após a data de emergência (DAE), no período diurno (a) e noturno (b) na cultura da batata, cv Macaca. Silveira	

Martins, RS, primavera de 2003.....	66
FIGURA 22 Temperatura do ponto de orvalho média (Td) diurna no horário das 11 h as 17 h (a) e noturna no horário das 21 h às 04 h (b) medida em três níveis (0,10 m; 1,5 m e 2,0 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, outono de 2004.....	68
FIGURA 23 Diferença da temperatura do ponto de orvalho (Dif) entre os níveis de 2,0 m e 0,10 m de altura, após a data de emergência (DAE), no período diurno (a) e no período noturno (b) em uma cultura de batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, outono de 2004.....	68
FIGURA 24 Perfil de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho do ar (Td) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 53 dias após a emergência (DAE), 57 DAE, 59 DAE, 65 DAE, 67 DAE e 75 DAE, no horário das 11 h às 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre, em dias em que ocorreu precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	70
FIGURA 25 Perfil de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho do ar (Td) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 50 dias após a emergência (DAE), 52 DAE, 61 DAE, 62 DAE, 70 DAE e 73 DAE, no horário das 11 h às 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre, em dias em que não ocorreu precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	72
FIGURA 26 Perfil médio de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho do ar (Td) em um cultivo de batata, cv. Macaca, aos 16 dias após a emergência (DAE), 22 DAE, 25 DAE e 51 DAE, nos períodos das 11 h às 17 h (dia) e das 21 h às 04 h (n), medida em dois níveis com três repetições e na torre, em dias com ocorrência de precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Santa	74

Maria, RS, outono de 2004.....

FIGURA 27 Perfil de temperatura (T) e temperatura do ponto de orvalho (Td) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 11 dias após a emergência (DAE) 12 DAE, 19 DAE, 23 DAE, 24 DAE, 46 DAE, 53 DAE e 66 DAE, no horário das 11 h as 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre, em dias em que não ocorreu precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Santa Maria, RS, outono de 2004.....

75

FIGURA 28 Perfil médio de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho do ar (Td) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 36 dias após a emergência (DAE) no horário das 11 h às 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Santa Maria, RS, outono de 2004.....

76

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Dados meteorológicos medidos na estação automática de dias selecionados para a análise do microclima no experimento da batata cultivar Macaca. Silveira Martins, RS, Primavera de 2003.....	32
TABELA 2	Dados meteorológicos medidos na estação automática de dias selecionados para a análise do microclima no experimento da batata cultivar Macaca. Santa Maria, RS, Outono de 2004.....	33
TABELA 3	Valores mínimos (Min.) e máximos (Max.) de temperatura (T) e umidade relativa (UR) do ar, medidos em três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1m de altura (1m). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	44
TABELA 4	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de temperatura (T em °C) em cinco níveis de medida em uma torre (0,15 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,2 m), na cultura da batata, cv. Macaca. Silveira Martins, RS, primavera 2003.....	45
TABELA 5	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de umidade relativa (UR em %) em cinco níveis de medida em uma torre (0,15 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,2 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Silveira Martins, RS, primavera 2003.....	48
TABELA 6	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de temperatura do ponto de orvalho (Td em °C), medidos em três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1m de altura (1m). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.....	49
TABELA 7	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de temperatura do ponto de orvalho (Td em °C) em cinco níveis de medida em uma torre (0,15 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,2 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Silveira Martins, RS, primavera 2003.....	49
TABELA 8	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx) de temperatura (T em °C), umidade relativa (UR em %) do ar e saldo de radiação (Rn em W m <sup>-2</sup> ), valores médios de três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1 m de altura (1m). Santa	

	Maria, RS, outono de 2004.....	51
TABELA 9	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de temperatura (T em °C) a 0,40 m de altura e temperatura em cinco níveis de medida em uma torre (0,10 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, 2004.....	52
TABELA 10	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de umidade relativa (UR em %) em cinco níveis de medida em uma torre (0,10 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, 2004.....	54
TABELA 11	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx) de temperatura do ponto de orvalho (Td em °C) e umidade relativa (UR em %) do ar, medidos em três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1 m de altura (1m), Silveira Martins, RS, primavera de 2004.....	55
TABELA 12	Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx) de temperatura do ponto de orvalho (Td em °C) em cinco níveis de medida em uma torre (0,10 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, 2004.....	55

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	Temperaturas médias diurna (11 às 16 h) e temperaturas médias noturna (21 às 04 h do dia seguinte) monitorada em cinco níveis (0,15; 0,40; 1,0; 1,5 e 2,2 m de altura) em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, primavera de 2003.....	84
ANEXO B	Temperaturas médias diurna (11 às 16 h) e temperaturas médias noturna (21 às 04 h do dia seguinte) monitorada em cinco níveis (0,10; 0,40; 1,0; 1,5 e 2,0 m de altura) em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, outono de 2004.....	85

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 A cultura da batata.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2 Doenças da batata.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Condições meteorológicas e a ocorrência de doenças.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Microclima de um dossel de plantas.....</b>	<b>23</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Caracterização dos locais de experimento.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Descrição dos experimentos.....</b>	<b>27</b>
3.2.1 Primavera de 2003.....	27
3.2.2 Outono de 2004.....	29
<b>3.3 Fenologia e fenometria das plantas de batata.....</b>	<b>29</b>
3.3.1 Determinação da área foliar.....	30
<b>3.4 Análise dos dados experimentais.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5 Radiação solar.....</b>	<b>33</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Índice de Área Foliar.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Estatura de plantas.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 Precipitação e velocidade do vento.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4 Radiação solar global.....</b>	<b>38</b>
<b>4.5 Saldo de radiação.....</b>	<b>41</b>



<b>4.6 Valores máximos e mínimos diários (extremos) de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura do ponto de orvalho do ar.....</b>	<b>44</b>
4.6.1 Primavera de 2003.....	44
4.6.2 Outono de 2004.....	50
<b>4.7 Temperaturas máximas e mínimas em todo o período experimental.....</b>	<b>56</b>
4.7.1 Temperaturas máximas.....	56
4.7.2 Temperaturas mínimas.....	57
<b>4.8 Temperatura média do ar nos períodos mais quentes e de maior resfriamento do dia.....</b>	<b>58</b>
4.8.1 Primavera de 2003.....	58
4.8.2 Outono de 2004.....	61
<b>4.9 Médias de Temperatura do ponto de orvalho (Td).....</b>	<b>65</b>
4.9.1 Primavera de 2003.....	65
4.9.2 Outono de 2004.....	66
<b>4.10 Perfis verticais de temperatura do ar e do ponto de orvalho (2003 e 2004).....</b>	<b>68</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>78</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>80</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) tem grande importância sócio econômica no Sul do Brasil, sendo o Estado do Rio Grande do Sul um grande produtor. Esta cultura, porém, apresenta importantes problemas de cultivo, como as pragas e doenças, as quais se estabelecem nas plantas se as condições ambientais forem favoráveis. Os elementos meteorológicos mais importantes que condicionam a infecção causada por patógenos são a temperatura do ar, que regula a velocidade das reações metabólicas do patógeno e do hospedeiro e a umidade do ambiente. A umidade do ambiente, caracterizada pela umidade relativa do ar e/ou pelo tempo de molhamento do dossel de plantas, além do processo infeccioso geralmente condiciona também o processo propagativo de muitas espécies de oomicetos, fungos e bactérias.

Devido ao ataque de pragas e doenças, como a requeima causada por *Phytophthora infestans*, o uso de defensivos nas lavouras de batata é uma prática usual durante o ciclo da cultura. Entretanto, tendo em vista a ocorrência de períodos com condições ambientais desfavoráveis à propagação das doenças ou à proliferação das pragas, muitas vezes os defensivos são aplicados sem necessidade. No sentido de prevenir o dano causado por doenças e pragas, utilizam-se programas de defesa fitossanitária que estabelecem um calendário semanal de aplicação de fungicidas e por vezes até de inseticidas (BISOGNIN, 1996; KIMATI et al., 1997). Estes programas não levam em consideração o grau de resistência dos cultivares, a relação entre severidade e o dano econômico se existem ou não condições meteorológicas e micrometeorológicas favoráveis à ocorrência de pragas ou doenças.

Da interação entre hospedeiro, patógeno e ambiente, tem-se como resultado a ocorrência ou não de pragas e doenças (BERGAMIM FILHO & AMORIM, 1996), sendo o ambiente em microescala, o fator determinante da velocidade da sua proliferação. A prática da aplicação indiscriminada de defensivos resulta em aumento do custo de produção, contaminação do ambiente, causa danos à saúde dos produtores e dos consumidores, além de favorecer o surgimento de raças resistentes. Todas essas implicações têm sido motivo de preocupações e tem levado à busca de práticas e estratégias para o controle eficiente, racional e economicamente viável de doenças. Sendo assim, conhecendo-se as características de um genótipo cultivado, tais como a cor da flor ou o número de pétalas, bem como suas características fenométricas, fenológicas e de resistência a fitopatógenos específicos, pode-se avaliar de forma mais adequada, às condições ambientais e, conseqüentemente, os níveis de

severidade para a propagação de determinadas pragas e doenças. A partir dessas informações pode-se eleger o momento mais adequado para as medidas de controle, somente quando as informações do sistema as definirem como necessárias.

Segundo Monteiro (2002) é necessário um aprofundamento nos estudos das relações entre as condições meteorológicas, principalmente do microclima da cultura, e a epidemiologia da doença para posteriormente desenvolver métodos ou modelos que identifiquem as situações ou momentos em que a doença irá ocorrer.

O primeiro passo é monitorar corretamente as variáveis do microambiente e, se possível, estabelecer parâmetros que descrevam sua variação com o tempo ao longo do dia, em função das condições meteorológicas, e ao longo do ciclo, em função da mudança da dimensão e estrutura do dossel das plantas cultivadas. Descrições com esse enfoque são pouco freqüentes e para cultivares específicas são raras.

A cultivar de batata Macaca é o genótipo mais cultivado na região central do Rio Grande do Sul. Para ela ainda faltam informações básicas relacionadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas e ao desenvolvimento e proliferação dos fitopatógenos *Phytophthora infestans* e *Alternaria solani*, causadores da requeima e da alternaria, respectivamente, os quais ainda são dois dos principais problemas da bataticultura nessa região.

Este trabalho teve por objetivo determinar a variação dos elementos micrometeorológicos (radiação solar transmitida, temperatura e umidade relativa do ar) ao longo do ciclo de desenvolvimento da batata, cultivar Macaca.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é originária das regiões montanhosas da América do Sul, do sul do Peru ao norte da Bolívia. Na América do Sul foi importante fonte de alimento para as comunidades dos Andes e sul do Chile e foi introduzida na Europa pelos espanhóis no final do século 16 (SWIADER, 1992; FAO, 1998).

A batata é uma planta dicotiledônea, da família *Solanaceae*. É cultivada em mais de 130 países devido a sua adaptabilidade a diferentes climas e topografias. O gênero *Solanum* possui cerca de 2000 espécies, das quais 160 formam tubérculos e destas 20 são cultivadas. Entre as cultivadas, a mais importante economicamente e produzida no mundo é a espécie *Solanum tuberosum* ssp. *Tuberosum* (SWIADER, 1992; BISOGNIN, 1996; FORTES & PEREIRA, 2003).

A batata é uma planta anual, sendo que na região sul do Brasil ela é cultivada em duas épocas. A parte aérea é herbácea com altura variável entre 0,5 a 0,7 m, podendo alcançar até 1,5 m na fase adulta. O ciclo de desenvolvimento da cultura pode ser precoce (<90 dias), médio (90-110 dias) ou longo (>110 dias), dependendo do cultivar (FORTES & PEREIRA, 2003). Os cultivares de ciclo longo ou tardio têm o hábito de crescimento indeterminado, os de ciclo curto são de crescimento determinado, apresentando o início da tuberização mais cedo que as demais (SOUZA, 2003).

O caule é formado de duas partes distintas: uma aérea e outra subterrânea. Na parte aérea o caule é geralmente angular com coloração predominante verde, podendo ser arroxeadada ou multipigmentada. O número de hastes ou ramos por planta pode variar, dependendo da brotação e da idade fisiológica do tubérculo-semente, da região de cultivo e das condições climáticas de cultivo. O tamanho do tubérculo semente está diretamente relacionado com o número de hastes na planta, pois quanto maior o tamanho do tubérculo, maior será o número de hastes (FORTES & PEREIRA, 2003).

Os tubérculos são os órgãos de maior interesse econômico da batata. São caules modificados, constituindo os principais órgãos de armazenamento e propagação da planta. O formato pode variar de redondo a ovalado, podendo também ser achatado ou alongado. A coloração externa é amarela ou rosada, dependendo do cultivar. Se expostos à luz solar por alguns dias, os tubérculos tornam-se verdes, pela produção superficial de clorofila e na parte

interna pelo acúmulo de solanina, substância alcalóide tóxica. Sob a superfície do tubérculo encontram-se estruturas denominadas de “olhos”, correspondentes a gemas dormentes, que, ao se desenvolverem, dão origem a um novo sistema de hastes e estolões (FORTES & PEREIRA, 2003).

O tubérculo possui alto teor de carboidratos e reservas de amido, sendo utilizado como produto alimentício na forma de batata frita, conservas, desidratada, congelado e também na fabricação de amido e farinha. Além disso, pode também ser usada na produção de vodka, pasta, tintas e etanol (SWIADER, 1992). Os tubérculos de batata possuem cerca de 50 a 81% de água, 1 a 2,4% de proteína, 1,8 a 6,4% de gordura, 8 a 29% de amido (FAO, 1998). Segundo Glennon (2000), cada 100 g de batata suprem cerca de 10% da demanda de tiamina, niacina, vitamina B6, ácido fólico e 50% da vitamina C para um adulto.

A batata é uma das mais importantes culturas, superada em produção apenas pelo trigo, milho e arroz (BISOGNIN, 1996). A produção mundial de batata é de 300 milhões de toneladas/ano em uma área de 20 milhões de hectares, sendo assim a produtividade média igual a 15 toneladas por hectare. A Ásia produz cerca de 35% da batata consumida no mundo com uma produtividade de 13 toneladas por hectare (EMBRAPA, 2003).

No Brasil a cultura ocupa uma área de plantio de 150 mil hectares, com uma produção anual de três milhões de toneladas e rendimento médio de 20,5 t ha<sup>-1</sup>. A produtividade média varia entre regiões e Estados alcançando 25,5 t ha<sup>-1</sup> em Minas Gerais, 23,5 t ha<sup>-1</sup> em São Paulo, 19,9 t ha<sup>-1</sup> no Paraná, 12,7 t ha<sup>-1</sup> em Santa Catarina e 10,6 t ha<sup>-1</sup> no Rio Grande do Sul (IBGE, 2003). O cultivo se caracteriza pelo uso de cultivares européias, emprego de batata-semente de baixa qualidade, utilização de grande quantidade de fertilizantes e produtos fitossanitários, alto custo de produção, sazonalidade de preços e de produção, além da baixa produtividade (SOUZA et al. 1999 apud CHOER, 2003).

A produtividade média no Brasil é considerada baixa se comparada àquela obtida nos países com maior produção mundial como a Holanda com 38 t ha<sup>-1</sup>, Inglaterra 34 t ha<sup>-1</sup>, Estados Unidos e França 30 t ha<sup>-1</sup>, Alemanha 29 t ha<sup>-1</sup> e Canadá 24 t ha<sup>-1</sup>. No Brasil a baixa produtividade ocorre, principalmente, devido ao baixo uso de tecnologia, uso de tubérculos semente com problemas de sanidade e a ocorrência de pragas e doenças. Os Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul são os maiores produtores (EMBRAPA, 1997).

O Estado do Rio Grande do Sul é o 4º produtor com uma área plantada em torno de 29.463 ha (IBGE, 2003). Destacam-se como produtores na região Sul os municípios de São Lourenço do Sul, Pelotas, Canguçu e Cristal, região Central os municípios de Silveira

Martins, Júlio de Castilhos, São Martinho da Serra, Restinga Seca e Ivorá e na região norte/nordeste os municípios de Ibiraiaras, Caseiros, Lagoa Vermelha, Muitos Capões, Bom Jesus, Vacaria, São José dos Ausentes, São Francisco de Paula, São Jorge, Garibaldi, Carlos Barbosa, Gramado e Santa Maria do Herval (FIOREZE, 2003).

As épocas de plantio recomendadas para o Estado do Rio Grande do Sul são duas: a safra de primavera, com plantio nos meses de agosto a outubro; e a safra de verão ou safrinha, com plantio nos meses de janeiro a março (BISOGNIN, 1996).

Segundo Fioreze (2003) no Estado do Rio Grande do Sul em 2000, as estimativas em porcentagem, de área plantada foram de menos de 50% para a cultivar Baronesa, 30% para a Asterix e 20% para as demais cultivares. Na região central não se planta mais a cultivar Baronesa, devido principalmente a dificuldade de comercialização e a maior aceitação no mercado dos tubérculos da Asterix e da Macaca. A cv. Asterix possui melhor aparência externa (cor, brilho e uniformidade) do que a Baronesa, porém apresenta dificuldades de manejo da brotação. Essa cultivar tem boa aceitação nas indústrias de processamento (palito, chips e palha). A cv. Macaca, originária do Brasil, tem maior aceitação nas regiões de colonização alemã, onde as suas qualidades culinárias são muito apreciadas. Apresenta plantas de porte baixo a médio e ereto, com quatro a cinco hastes. Possui ciclo precoce, tubérculos com formato redondo e achatado, olhos rasos, película rosa-escura e áspera e a polpa branca. Apresenta brotação precoce, baixa sensibilidade ao “esverdeamento”, é suscetível a requeima e à pinta preta e medianamente resistente às viroses (PEREIRA et al., 2003).

Os custos médios de produção por hectare no centro do Rio Grande do Sul perfazem de 4 e 6 dólares por saco de 50 quilos (FIOREZE, 2003). Esse custo é elevado em razão da baixa produtividade e do elevado descarte comercial considerado pelas beneficiadoras (lavadoras) de batata devido a baixa qualidade dos tubérculos adquiridos junto aos produtores. No Estado de Santa Catarina o custo de produção por hectare varia entre 3 e 6 dólares por saco de 50 quilos. Em um sistema tecnificado, 21% do custo é da batata-semente, 25% dos defensivos agrícolas, 17% da mecanização, 15% da mão-de-obra e 22% dos fertilizantes (SOUZA, 2003).

### **2.1.2 Doenças da batata**

Na cultura da batata há registros de ocorrência de um grande número de doenças, das quais muitas não apresentam importância econômica. Outras, porém, tem capacidade de rápida proliferação e propagação, sendo altamente destrutivas e interferem negativamente na

produtividade e no custo de produção. Na região Sul, a requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans*, e a pinta preta, causada pelo fungo *Alternaria solani*, são as principais doenças.

O oomiceto *Phytophthora infestans* produz esporângios que são formados durante certo período de tempo em que a umidade relativa do ar permanece acima de 90%, sob uma determinada condição térmica no ar, cuja faixa ideal está entre 18 e 22°C. Os esporângios são dispersos pelo vento, água e insetos. A requeima é uma das mais importantes doenças da cultura da batata por ser altamente destrutiva, devido sua rapidez na colonização da parte aérea e disseminação. A alta variabilidade genética desse oomiceto torna pouco eficaz o desenvolvimento de variedades resistentes, principalmente daquelas possuidoras de resistência vertical (REIS, 2003).

A requeima, também denominada de preteadeira e mela, é a doença que causa o maior impacto sobre a cultura, podendo destruir toda a área foliar em poucos dias. Em razão disso o número de pulverizações é alto, podendo chegar a 30 pulverizações por safra (NAZARENO et al., 1995 apud NAZARENO & JACCOUD FILHO, 2003).

Em razão do oomiceto causador da requeima ser altamente dependente das condições ambientais, principalmente temperatura e umidade do ar, tem sido desenvolvidos e testados sistemas de previsão e aviso ou alerta sobre sua possível ocorrência (REIS, 2003).

## **2.2 Condições meteorológicas e a ocorrência de doenças**

A epidemiologia de um patógeno ocorre através da inter-relação entre patógeno, hospedeiro e ambiente (AGRIOS, 1997). O ambiente interfere de modo diferenciado no desenvolvimento do patógeno e do hospedeiro e estes exercem influência sobre o ambiente, principalmente sobre o microclima ou sobre as variações micrometeorológicas do cultivo (BERGAMIM FILHO & AMORIM, 1996).

Segundo Jones (1986) apud MARTINS & AMORIM (1999), a umidade é o fator ambiental que mais influencia as doenças de plantas, seguido pela temperatura do ar. Apesar de a temperatura do ar ser um fator menos limitante do que a umidade no desenvolvimento de doenças e pragas é a combinação temperatura-umidade que irá condicionar o processo infeccioso de doenças ou a incidência de ataque de uma praga. O período de duração do molhamento, determinado pela umidade, é o fator que estabelece condições para o processo infeccioso e a temperatura determina a rapidez e a extensão da infecção.

A temperatura e molhamento afetam o desenvolvimento de oomicetos e fungos, como por exemplo, *Phytophthora infestans* (MICHAELIDES, 1985) e *Alternaria solani* (HOLEY et al., 1985), na cultura da batata. Alguns padrões de comportamento e variação da temperatura e umidade relativa do ar no dossel da cultura da batata foram analisados por Eimern (1964), para cultivares de maior porte e condições climáticas diferentes das que ocorrem em Santa Maria, RS. Heldwein & Krzysch (1999) desenvolveram e testaram modelos para a estimativa contínua da temperatura e da umidade relativa do ar no período noturno, a partir de variáveis meteorológicas observadas em estação meteorológica padrão. Heldwein (1993) comparou vários métodos de monitoramento do período de molhamento foliar por orvalho no dossel de plantas de batata e desenvolveu um sistema de modelos analíticos para sua estimativa a partir de variáveis meteorológicas medidas em estação meteorológica automática instalada sob condição padrão do serviço de meteorologia.

Holley et. al (1985) avaliaram a relação entre as condições ambientais e a evolução dos sintomas de dano causado por *Alternaria solani*. Na correlação linear entre taxa de infecção aparente em unidades logarítmicas e o tempo de molhamento da parte aérea no campo, obtiveram coeficientes de determinação de 0,85 a 0,89.

### **2.3 Microclima de um dossel de plantas**

O microclima de uma cultura é influenciado por fatores como a área foliar, arquitetura e altura de plantas, os quais interferem na interceptação e no balanço de radiação, determinando os regimes de temperatura e umidade do ar dentro do dossel das culturas (MONTEITH & UNSWORTH, 1990). Em geral a tendência diária da temperatura do ar dentro de um dossel depende do suprimento de radiação solar incidente e da camada na qual ela é interceptada, da taxa de radiação de onda longa perdida, do total de energia absorvida usada na evaporação d'água do solo e das plantas e do transporte turbulento do calor no dossel (BROADBENT, 1950).

O microambiente de um dossel de plantas de um cultivo é determinado pelos diferentes fluxos de energia que compõe o balanço de energia. Em geral, conforme demonstram Gates (1980) e Monteith & Unsworth (1990), os gradientes verticais das principais propriedades físicas do ar (temperatura, umidade, concentração de CO<sub>2</sub> e outros gases) são mais acentuados nos períodos de ausência de nebulosidade, tanto de dia, devido ao elevado saldo de radiação positivo nessa condição, quanto de noite, devido à ocorrência de



um saldo de radiação bastante negativo em decorrência da menor contra radiação da atmosfera.

A parte superior do dossel é a principal superfície de interação da energia radiante com a parte aérea das plantas. Portanto, o aquecimento da massa vegetal durante o dia é maior nesse nível e durante a noite é ali que ocorre resfriamento mais acentuado. Como existe uma relação inversa entre a temperatura e a umidade relativa do ar, o processo de secagem da massa vegetal após seu molhamento por chuva, orvalho, nevoeiro ou gutação, é mais rápido na parte superior do dossel, principalmente na presença de radiação solar e ocorrência de maior velocidade do vento. Isso foi verificado num cultivo de batata, no qual o nível intermediário foi a parte do cultivo mais quente. As diferenças médias na umidade relativa e da temperatura do ponto de orvalho no cultivo e no abrigo durante a noite foram menores do que de dia e as flutuações na temperatura do ponto de orvalho foram muito maiores e freqüentes do que na temperatura do ar (BROADBENT, 1950).

A permeabilidade do dossel ao fluxo de ar, associada à velocidade do vento, atenua os gradientes verticais devido ao incremento do transporte vertical e horizontal das moléculas constituintes do ar. Assim a temperatura do ar e a pressão parcial do vapor d'água do ar apresentam constantes oscilações no dossel (HELDWEIN, 1993), com variações no espaço, principalmente se ocorrer variação freqüente de radiação solar, devido ao céu estar parcialmente nublado, e variação da velocidade do vento. O efeito do vento na redução das diferenças de temperatura, segundo resultados obtidos por Broadbent (1950), pode ser verificado, principalmente, em anos chuvosos por causa do maior resfriamento produzido pela evaporação d'água proveniente da maior umidade do solo. A temperatura e a temperatura do ponto de orvalho do ar tiveram correlação negativa com a velocidade do vento, sendo o efeito do vento menor na base das plantas.

Quando a camada superficial do solo apresenta alta porosidade e baixo teor de umidade, a capacidade e a condutividade térmica são pequenas, o efeito da insolação do dia tem um grande efeito no incremento na temperatura da superfície. À noite, a superfície do solo que contém mais ar se resfria mais rapidamente quando o céu é límpido (BROADBENT, 1950).

Monteiro (2002) constatou que a média diária da temperatura do ar, medida no terço superior de um dossel de plantas de algodoeiro, apresentou diferença significativa em relação à medida a 2 m de altura do solo, na estação meteorológica.

O microclima de uma cultura sofre modificações com o uso de diferentes densidades de plantio, com o desenvolvimento da cultura e com o uso de irrigação. Em geral espera-se

menores temperaturas diurnas em maiores densidades de plantio, devido ao maior índice de área foliar da cultura. Segundo Monteiro (2002) o uso de diferentes densidades de plantio do algodoeiro, afetou significativamente a umidade relativa do ar, sendo maior quanto maior a densidade da cultura, sendo as diferenças minimizadas com o desenvolvimento da cultura. A temperatura do ar não apresentou diferenças significativas com o aumento da densidade de plantio do algodoeiro, porém em estudo realizado por Sentelhas (1992) apud MONTEIRO (2002) verificou-se que a maior densidade de plantio da cultura do trigo diminuiu a temperatura do ar, em média,  $0,7^{\circ}\text{C}$  e a menor densidade e o uso de irrigação por aspersão diminuíram a temperatura do ar em média  $0,15^{\circ}\text{C}$ . Broadbent (1950) também encontrou diferenças de temperaturas em diferentes densidades de plantio num cultivo de batata, sendo que houve incremento da temperatura onde com o incremento da densidade foliar. No cultivo aberto e intermediário a maior taxa foi a 10cm de altura, enquanto que no cultivo denso esta foi maior a 20cm de altura.

Rotem & Palti (1969) apud MONTEIRO (2002) verificaram uma diminuição de temperatura de 8 a  $9^{\circ}\text{C}$  e um aumento de 50% da umidade relativa do ar com a utilização de irrigação em condições extremas de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (UR), porém em baixas temperaturas e alta UR, a influência da irrigação foi desprezível. Em trabalho realizado por Broadbent (1950) as diferenças de temperaturas foram menores entre cultivos irrigados e não irrigados em dias úmidos ou com vento. Na parcela irrigada, na qual os espaços porosos do solo foram frequentemente preenchidos com água, além do incremento da densidade foliar, reduzindo o fluxo de radiação para a superfície do solo, a temperatura mínima média foi maior e a temperatura máxima média menor se comparadas com as da parcela não irrigada, na qual o solo foi geralmente mais seco. Entre cultivo irrigado e não irrigado a diferença de umidade relativa do ar variou de 6% até 26%.

O tipo de solo também pode afetar as amplitudes diárias. Nos solos argilosos que normalmente têm elevada umidade, mesmo quando "seco", e nos pedregosos, devido a menor porosidade, é provável que sobre solos leves, podem ocorrer grandes amplitudes de temperatura (BROADBENT, 1950).

A insolação, a velocidade do vento e a ocorrência de precipitação alteram as diferenças de amplitudes térmicas diárias em cultivos. Segundo Broadbent (1950) a diferença de amplitude entre o cultivo e o abrigo variou de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $8^{\circ}\text{C}$  em 1947,  $2^{\circ}\text{C}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  em 1948 e  $1,1^{\circ}\text{C}$  a  $8,3^{\circ}\text{C}$  em 1949. Esse incremento na diferença das amplitudes térmicas, ocorreram em anos que apresentaram incremento na insolação e decréscimo na velocidade do vento e da chuva.

Dessa forma, no dossel vegetativo das plantas de um cultivo ocorrem diferentes microclimas, que se caracterizam pela diversidade ora favorável ora desfavorável ao desenvolvimento de patógenos, pragas ou mesmo seus inimigos naturais. Para isso, o monitoramento adequado dessas variáveis meteorológicas e sua alteração no dossel de plantas são os componentes chave para o alcance de êxito com os programas de alerta agrometeorológico.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização dos locais de realização dos experimentos**

Foram realizados dois experimentos, em uma propriedade rural, localizada no município de Silveira Martins, RS (latitude 29°38'S; longitude: 53°35'W e altitude: 431m, a altitude do local do experimento era aproximadamente 455m) e outro na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (DF-UFSM) (latitude: 29°43'S; longitude: 53°43'W e altitude: 95m). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes, conforme classificação de KÖPPEN (MORENO, 1961).

O solo na área na propriedade rural em Silveira Martins é Chernossolo Argilúvico férrico típico e no DF-UFSM é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico, (EMBRAPA, 1999), os quais, conforme Brasil (1973) pertencem às Unidades de Mapeamento Ciríaco e São Pedro, respectivamente.

O primeiro experimento foi realizado na primavera, no período de 15/10 a 5/12/2003 e o segundo no outono, no período de 27/03 a 08/06/2004. Nos dois experimentos utilizou-se a cultivar Macaca. A implantação foi no espaçamento de 0,8 m entre fileiras e de 0,3 m entre plantas na fileira. A condução da cultura foi realizada segundo as recomendações técnicas para a cultura (BISOGNIN, 1996).

#### **3.2. Descrição dos Experimentos**

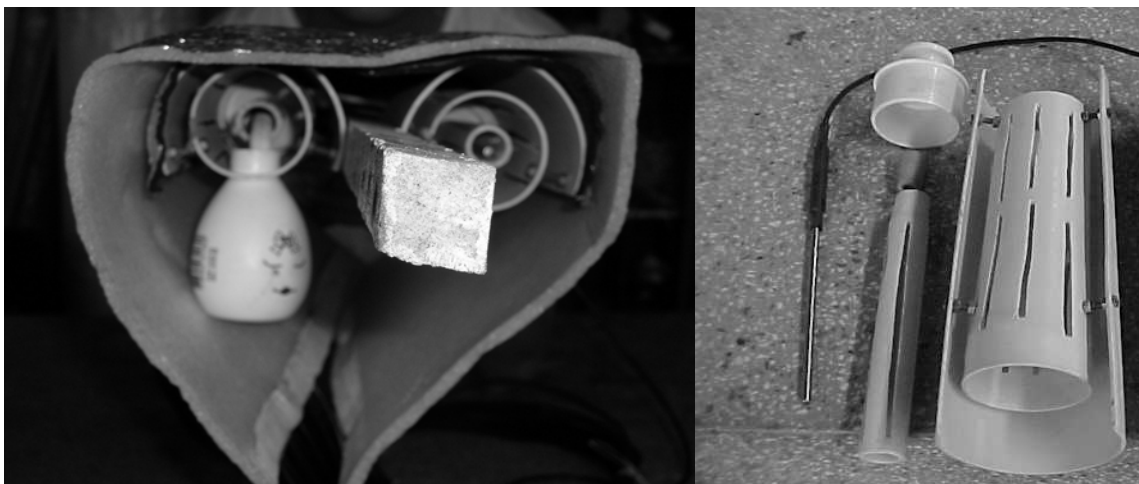
##### **3.2.1 Primavera - 2003**

O primeiro experimento foi instalado na propriedade rural do Sr. Anderson Mafini aproximadamente no centro de uma área de 1,0 ha de cultivo de batata, plantada em 01/09/2003, cuja emergência ocorreu com certo atraso em 20/09/2003 em virtude da ocorrência de um período com pouca disponibilidade hídrica. O início do período experimental, com respectiva instalação dos equipamentos ocorreu em 15/10/2003, após a emergência das plantas, as quais se apresentavam com uma média de 12 folhas por haste, no estágio de “início de contato das folhas entre as fileiras de plantas” (estádio 41), conforme escala de Bätz et al., (1980).

Para as determinações de temperatura e umidade do ar instalou-se uma torre com psicrômetros cujas medidas foram feitas em cinco níveis (0,15 m; 0,40 m; 1,00 m; 1,50 m e

2,20 m acima da superfície do solo). Cada par psicrométrico era constituído de dois termômetros de resistência elétrica de platina (Pt-100), sendo um seco e outro úmido, instalados no interior de um mini-abrigo (Figura 1). Os mini-abrigos, possuíam 0,20 m de largura e 0,40 m de comprimento, foram construídos com tubos de PVC branco, encoberto por uma manta com uma face refletora de alumínio e a outra com espuma isolante térmica. Os termômetros foram dispostos de maneira que ficassem dispostos paralelos e distantes em torno de 0,10 m entre si. Além da torre, foram instaladas mais três repetições de dois pares psicrométricos nos níveis centro (Meio) do dossel de plantas (0,5 h) da cultura e acima do topo das planta e a 1,0 m da superfície do solo, sendo h a altura das plantas. Até as plantas atingirem a altura de 0,3 m, o nível considerado “Meio” permaneceu fixado em 0,1 m de altura, após o ajuste foi feito semanalmente. No total foram utilizados 22 sensores de temperatura e seus respectivos miniabrigos e suportes na área experimental, perfazendo 11 pares psicrométricos. Esses sensores foram ligados a um sistema automático de aquisição de dados (datalogger), alimentado por uma bateria de 12V.

Instalou-se também um tubo solarímetro de 1,00 m de comprimento a 0,05 m de altura do solo, abaixo do dossel das plantas, para medir a densidade de fluxo da radiação solar transmitida pelo dossel (Rgt). Instalaram-se ainda dois tensiômetros com manômetro de mercúrio, a 0,1 m e 0,2 m de profundidade, para avaliar a variação da umidade na camada superficial do solo.



**Figura 1:** Miniabrigos dos pares psicrométricos instalados na cultura da batata, primavera de 2003 e outono de 2004.

Também foi instalado um pluviômetro, e na data de 07/11/2003 uma estação automática com medidas horárias de temperatura (Te) e umidade relativa do ar (URe), a 1,5 m

de altura, velocidade do vento a 2,0 m de altura ( $U_2$ ) e, no nível de 1,5 m de altura, a precipitação pluviométrica (P) e a densidade de fluxo de radiação solar incidente (Rge).

### **3.2.2 Outono - 2004**

No experimento de outono a cultura da batata foi plantada no dia 05/03/2004 em uma área de aproximadamente 0,5 h na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. A emergência ocorreu no dia 17/03/2004. A instalação dos equipamentos de medição ocorreu em 27/03/2004, após a emergência das plantas, as quais se apresentavam com uma média de 5 folhas por haste, no estágio de “Desenvolvimento de folha e caule” (21) conforme escala de Bätz et al. (1980).

Foi instalada uma torre com cinco níveis de medida contínua da temperatura e umidade do ar (0,1 m; 0,4 m; 1,0 m; 1,5 m e 2,0 m), através de medidas psicrométricas. Além da torre, foram utilizadas mais três repetições, cada uma com dois pares psicrométricos. Estes foram instalados nos níveis de um meio (0,5 h) da cultura (Meio) e no nível fixo de 1,00m de altura acima do solo. No total foram utilizados 22 sensores de temperatura, perfazendo 11 pares psicrométricos. Instalou-se também um tubo solarímetro de 1,0 m de comprimento a 0,05 m de altura do solo, abaixo do dossel das plantas, para medir a densidade de fluxo da radiação solar transmitida pelo dossel (Rgt) e dois saldoradiômetros para medir o saldo de radiação sobre o dossel (Rn).

Também foi instalada uma estação automática em 09/03/2004 para efetuar medidas horárias de  $T_e$ ,  $U_{Re}$ ,  $T_M$ , P,  $U_2$  e Rge, cujos sensores foram instalados de forma similar aos do experimento de Safra de 2003.

### **3.3 - Fenologia e fenometria das plantas de batata**

Nos dois experimentos realizaram-se determinações fenológicas de data de emergência, abertura do botão floral e início da tuberização para caracterizar os subperíodos de desenvolvimento da cultura através de observações visuais semanais, seguindo a escala fenológica de Bätz et al. (1980). Para as observações da emergência e da abertura do botão floral foram marcadas 33 plantas e para a determinação do início da tuberização eram arrancadas duas plantas, quando uma planta apresentava tuberização arrancaram-se mais duas plantas para confirmar o início da tuberização, considerando-se a data em que 50% das mesmas atingiu o respectivo estágio fenológico.

A cada sete dias mediu-se a dimensão linear (cm) do maior comprimento (C) e largura máxima (L) de todas as folhas verdes das plantas marcadas, utilizando-se uma régua graduada com 0,1cm de resolução. No experimento de 2003 as medidas das dimensões lineares foram realizadas em 7 plantas marcadas na parcela e em 4 plantas localizadas no tubo solarímetro. Em 2004 as medidas foram realizadas em 5 plantas marcadas na parcela e em 2 plantas localizadas no tubo solarímetro.

Nas mesmas plantas em que foram feitas as medidas das dimensões lineares também foram feitas as medidas de estatura de plantas, a qual foi feita medindo-se o comprimento da maior haste de cada planta.

### 3.3.1 – Determinação da área foliar

Semanalmente foram retiradas ou colhidas ao acaso 5 plantas da área de bordadura, as quais foram levadas ao laboratório medindo-se o C ao longo da nervura central e a maior L das folhas em cm. Em seguida foram retirados discos do limbo foliar com o auxílio de um calador com diâmetro de 1,8 cm (2,5447 cm<sup>2</sup>). Os discos e o restante das folhas foram acondicionados separadamente, em sacos de papel e levados à estufa de secagem à 65°C, com aeração forçada. Após a obtenção do peso constante determinou-se a massa de matéria seca das amostras com o auxílio de uma balança eletrônica com precisão de 0,01g e resolução de 0,001g. A área total da folha (AF) foi estimada a partir das relações entre a massa seca dos discos (MSD), área total dos discos (ATD) e massa seca total da folha (MST), conforme a equação:

$$AF = (ATD \times MST) / MSD \quad (1)$$

Conhecida a área da folha e a(s) dimensão(ões) linear(es) de C e L, testou-se modelos anteriormente obtidos e testados por MAASS et al. (2004) para o período de outono, para determinar a AF. Os melhores modelos obtidos neste teste inicial realizado por MAASS et al. (2004), foram testados com o banco de dados da primavera de 2003.

O critério de escolha dos modelos gerados por MAASS et al. (2004), baseou-se na significância do parâmetro angular dos mesmos, através do teste t, e do maior valor do coeficiente de determinação ( $r^2 \geq 0,90$ ), optando-se pelo modelo matemático:

$$AF = 0,307006 CL^{1,053394} \quad (2)$$

no qual, AF é a área foliar em cm<sup>2</sup>, CL o produto entre o C máximo da folha e a L máxima da folha em centímetros. A área foliar total da planta (AFt) foi obtida pela soma da AF de todas

as suas folhas (individuais). Com os valores de AFt calculou-se o respectivo índice de área foliar (IAF). Para os demais dias do período experimental os valores diários de IAF foram obtidos por interpolação a partir do ajuste de equações em função do dia do ano (Nano).

### 3.4. Análise dos dados experimentais

Os dados obtidos nas três repetições de dois níveis de medidas psicrométricas foram agrupados através de médias.

A partir das médias de temperatura do bulbo seco (T) e temperatura do bulbo úmido (Tw) calculou-se: a pressão de saturação de vapor do ar em hPa (es), pressão parcial de vapor do ar em hPa (e), umidade relativa do ar em % (UR), déficit de saturação do ar em hPa (d) e temperatura do ponto de orvalho do ar em °C (Td) nas diferentes alturas da torre e das repetições.

$$es = 6,107 \exp^{[17,2694 T / (T + 237,3)]} \quad (3)$$

$$e = 6,107 \exp^{[17,2694 Tw / (Tw + 237,3)]} - 0,66 (T - Tw) \quad (4)$$

$$UR = 100 e es^{-1} \quad (5)$$

$$D = es - e \quad (6)$$

$$Td = [237,3 \ln(e) - 429,41] [19,078955 - \ln(e)]^{-1} \quad (7)$$

Foram obtidas as temperaturas mínimas (Tmin) e máximas (Tmáx) diárias nas repetições. As Tmáx. e Tmín. da torre foram obtidas a 0,4 m de altura. Para esse mesmo horário obteve-se as temperaturas nas demais alturas, para fins de análise de gradiente. As temperaturas do ponto de orvalho do ar (Td) máxima e mínima foram calculadas a partir da pressão parcial de vapor medida em cada nível no momento da ocorrência da Tmáx e Tmin, respectivamente.

A primeira análise dos dados consistiu em avaliar as diferenças de temperatura e de umidade do ar entre as diferentes alturas. Nas repetições a diferença de temperatura e umidade relativa do ar foi feita utilizando-se os valores obtidos a 1m de altura menos os valores obtidos no meio da cultura. Na torre essas diferenças de temperatura e umidade relativa do ar foram determinadas tomando o par psicrométrico instalado no nível mais elevado ( $T_{\text{cima}} = 2,0$  ou 2,2 m de altura) como padrão ( $T_{\text{cima}} - T_{1,5 \text{ m}}$ ;  $T_{\text{cima}} - T_{1,0 \text{ m}}$ ;  $T_{\text{cima}} - T_{0,4 \text{ m}}$  e  $T_{\text{cima}} - T_{0,1 \text{ m}}$ ).



Para a análise do microclima e dos perfis verticais do dossel da cultura da batata, foram utilizadas médias de temperatura e temperatura do ponto de orvalho do ar. As médias foram calculadas utilizando-se os dados no período mais quente do dia, das 11 h às 17 h, e no período com maior resfriamento, das 21 h às 04 h.

Nos dois experimentos foram escolhidos 12 dias de todo o período para analisar o microclima na cultura da batata, conforme as tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Dados meteorológicos medidos na estação automática de dias selecionados para a análise do microclima no experimento da batata cultivar Macaca. Silveira Martins, RS. Primavera de 2003.

Data	DAE	Precipitação	Vento	Tmin.	Tmáx.	URmin.	URmáx.
09/11	50	0	0,2	19,0	26,0	69,0	89,0
10/11	51	0	1,1	18,9	30,1	45,0	92,0
11/11	52	0	3,6	19,3	36,1	31,0	90,0
12/11	53	23,2	2,8	16,9	28,3	41,0	100,0
16/11	57	56,4	3,3	17,4	24,5	73,0	100,0
18/11	59	42,8	3,9	15,3	22,6	63,0	100,0
20/11	61	0	2,0	14,9	21,8	45,0	91,0
21/11	62	0	1,5	10,6	25,9	58,0	91,0
24/11	65	23,4	2,1	18,3	26,4	64,0	100,0
26/11	67	7,4	1,8	19,8	28,3	75,0	100,0
28/11	69	0	1,0	18,1	25,9	48,0	95,0
02/12	73	0	1,2	17,3	26,8	62,0	100,0

DAE: Dias após a emergência, Precipitação em mm, Vento em  $m s^{-1}$ , Tmin: Temperatura mínima do ar em °C, Tmáx: Temperatura máxima do ar em °C, URmin: Umidade mínima do ar em %, URmáx: Umidade máxima do ar em %.

**Tabela 2.** Dados meteorológicos medidos na estação automática de dias selecionados para a análise do microclima no experimento da batata cultivar Macaca. Santa Maria, RS. Outono de 2004.

Data	DAE	Precipitação	Vento	Tmin.	Tmáx.	URmin.	URmáx.
28/03	11	0	1,2	17,4	30,5	78,8	100,0
29/03	12	0	0,2	18,7	29,0	81,5	99,7
02/04	16	10,2	0,5	19,9	23,9	90,4	100,0
05/04	19	0	1,8	20,4	31,2	83,7	99,4
08/04	22	17,8	0,6	18,8	25,7	90,1	100,0
10/04	24	0	0	17,9	25,4	82,5	98,4
11/04	25	16,4	1	17,0	24,2	91,8	100,0
22/04	36	24,8	3,2	17,6	31,6	83,7	100,0
02/05	46	0	0,1	11,1	24,5	87,1	100,0
07/05	51	46,8	0,1	14,7	16,5	98,4	100,0
09/05	53	0	0	13,3	23,7	84,0	100,0
22/05	66	0	1,1	12,3	21,8	83,8	99,6

DAE: Dias após a emergência, Precipitação em mm, Vento em  $m s^{-1}$ , Tmin: Temperatura mínima do ar em  $^{\circ}C$ , Tmáx: Temperatura máxima do ar em  $^{\circ}C$ , URmin: Umidade mínima do ar em %, URmáx: Umidade máxima do ar em %.

### 3.5 Radiação Solar

A radiação solar global foi medida junto à base das plantas em meio à cultura (Rgt) através de um tubo solarímetro de 1 m de comprimento instalado a 0,05 m acima do solo. Em 2003 o mesmo foi instalado transversalmente as fileiras das plantas e em 2004 este foi instalado longitudinalmente as fileiras das plantas (Figura 2).

Os dados foram coletados a cada 10 minutos por meio de um datalogger. Para a análise e para o cálculo da transmitância foi acumulada a Rgi nos períodos horários, em  $MJ m^{-2} h^{-1}$ . A radiação solar acima do dossel (Rge) foi medida através de um piranômetro fotocélula de diodo (LI-COR) da estação automática instalado a 1,5 m acima do solo, sendo os dados armazenados para cada 1 hora.

A radiação solar transmitida (Tr) à radiação solar foi calculada através de:

$$Tr (\%) = 100 Rgi Rge^{-1} \quad (7)$$

Em que Rgi é a radiação solar global transmitida pelo dossel medida através do tubo solarímetro instalado junto à base das fileiras das plantas da cultura e a Rge a radiação solar

global incidente acima da cultura medida com o piranômetro da estação automática a 1,5 m de altura.

Para o cálculo da radiação solar transmitida diária, foram somados os valores de radiação solar nos dois níveis das 08 às 17 h. Com os valores totais diários de radiação solar nos dois níveis foi calculada a radiação solar transmitida diária. Os dados de IAF utilizados nessa análise foram obtidos das leituras realizadas nas plantas localizadas no tubo solarímetro.

O Saldo de radiação ( $R_n$ ) em 2004 foi medido com dois saldo radiômetros, cujos dados foram agrupados numa média.



**Figura 2.** Tubo solarímetro instalado no interior da cultura da batata, cultivar Macaca, outono de 2004. Santa Maria, RS, 2004.

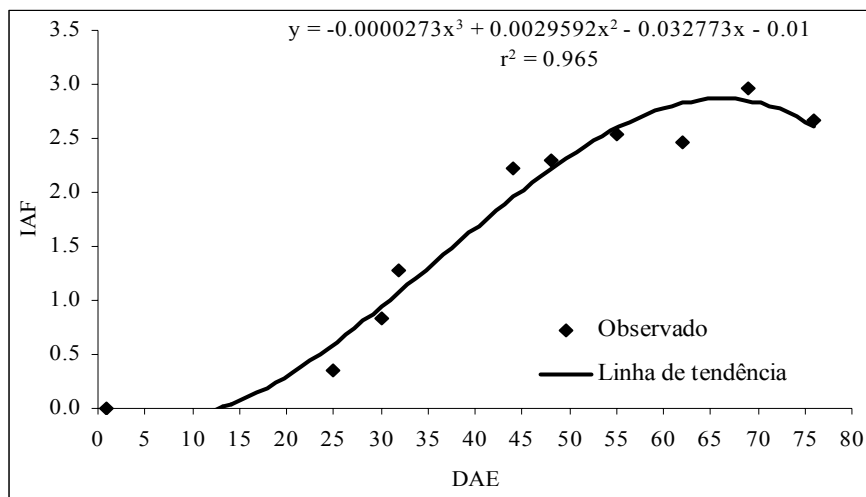
## 4. Resultados e Discussão

A discussão dos resultados obtidos em relação aos elementos micrometeorológicos pode ser melhor interpretada com o conhecimento da evolução do crescimento dos componentes da parte aérea da cultura e por isso optou-se em analisá-los primeiro.

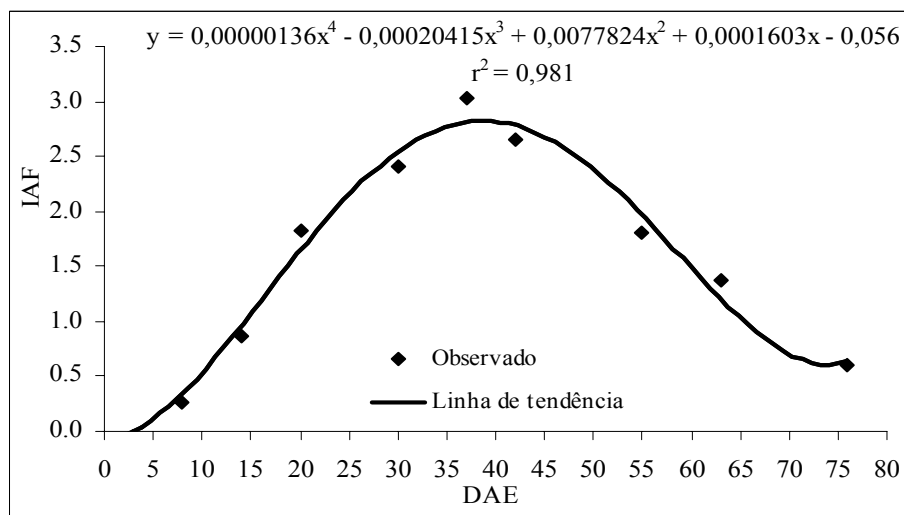
### 4.1 - Índice de área foliar

O IAF no cultivo de primavera foi crescente até aproximadamente 55 dias após a emergência (DAE) e após manteve-se praticamente estável até o final do experimento, aos 81 DAE, variando entre 2,46 e o valor máximo de 2,97 (Figura 3). No ano de 2004 (outono) o IAF atingiu o valor máximo de 3,0 aos 37 DAE (Figura 4) e após, em decorrência principalmente do acamamento produzido por um vendaval ocorrido aos 36 DAE, apresentou um decréscimo contínuo até o final do experimento, aos 77 DAE.

Ao comparar o IAF da batata no cultivo de primavera, em 2003, com o de outono, em 2004 (Figuras 3 e 4), observa-se um incremento mais rápido e, posteriormente decréscimo mais acentuado no cultivo de outono. Isto provavelmente ocorreu em razão, de que, no outono o acentuado acamamento das plantas determinou a senescência das folhas mais sombreadas, devido à mudança na arquitetura do dossel e da distribuição de radiação solar no mesmo. Após o acamamento o controle fitossanitário foi menos eficiente, o que também contribuiu para a redução gradativa do IAF devido à incidência de alternaria, requeima e vírus da necrose-do-topo (Tospovirus) e ao ataque de mosca branca. Por outro lado, no cultivo da primavera de 2003 não houve problemas fitossanitários. Deve ser considerado ainda que, além das duas épocas de cultivo, os dois locais de condução dos experimentos foram diferentes, nos quais as variáveis meteorológicas também apresentaram valores e variação diferenciada ao longo do período experimental. Essa variação, além de determinar que as doenças fossem mais favorecidas em estádios de desenvolvimento diferentes do ciclo, também alteraram a taxa de crescimento, visto que no cultivo de primavera foram necessários 25 DAE para que a cultura alcançasse IAF igual a 0,5, enquanto no outono apenas 10 DAE, foram suficientes.



**Figura 3.** Índice de Área Foliar (IAF) da cultura da batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

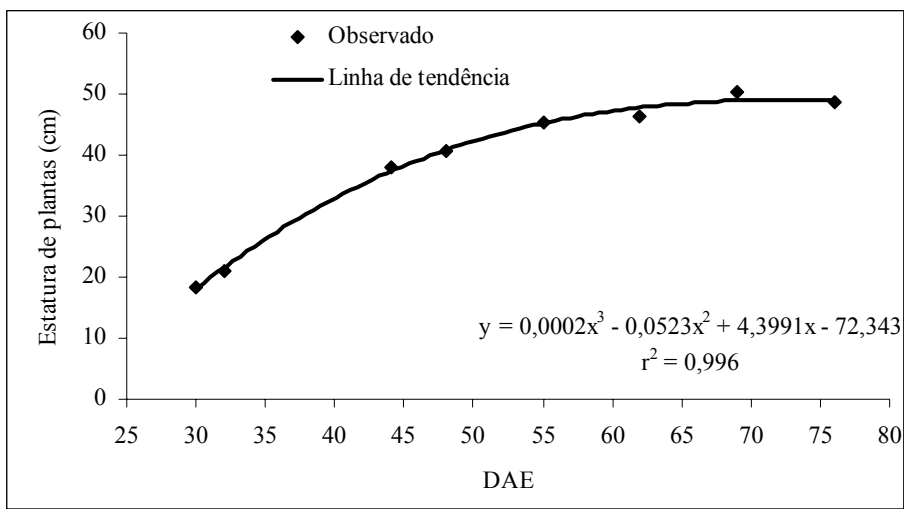


**Figura 4.** Índice de Área Foliar (IAF) da cultura da batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Santa Maria, RS, outono de 2004.

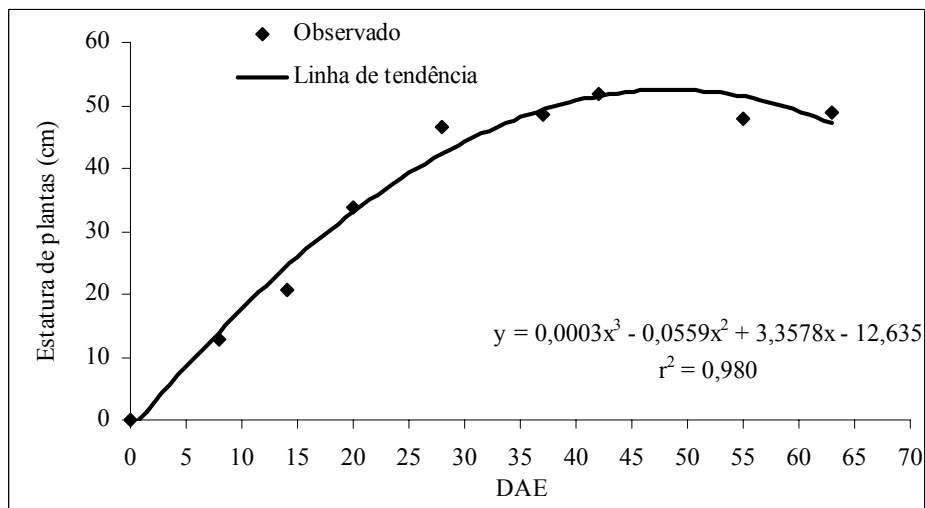
## 4.2 - Estatura de plantas

A estatura média das plantas na primavera de 2003 apresentou maior taxa de acréscimo até os 45 DAE e alcançou 47 cm aos 62 DAE (Figura 5). A função matemática obtida apresentou um alto coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,99. Para o cultivo de outono, em 2004, observa-se um aumento mais acentuado da estatura se comparado ao cultivo da primavera, tendo  $r^2 = 0,98$ . As plantas alcançaram 50 cm de altura, praticamente estatura máxima, já aos 42 DAE, estabilizando-se nessa dimensão até o final do experimento aos 65 DAE (Figura 6). A estatura máxima de plantas medida em 2003 foi de 50,3 cm aos 69 DAE e, em 2004, foi de 51,8 cm, aos 42 DAE (Figuras 5 e 6).

É importante ressaltar que foram feitas as medidas de estatura das plantas de batata, o que não corresponde à altura do dossel, já que aquelas sofreram acamamento, o qual em 2003 ocorreu aos 57 DAE em razão de um vendaval. Em 2004 o acamamento das plantas ocorreu, após vigoroso crescimento, já aos 36 DAE, quando sob condição de vento forte e quente (27°C) houve murchamento parcial das plantas, seguido de intensa precipitação ainda sob vento forte. Para que a estatura de plantas alcançasse 20,8 cm foram necessários 32 DAE em 2003 (Figura 5) e apenas 14 DAE em 2004 (Figura 6).



**Figura 5:** Estatura média das plantas de batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.



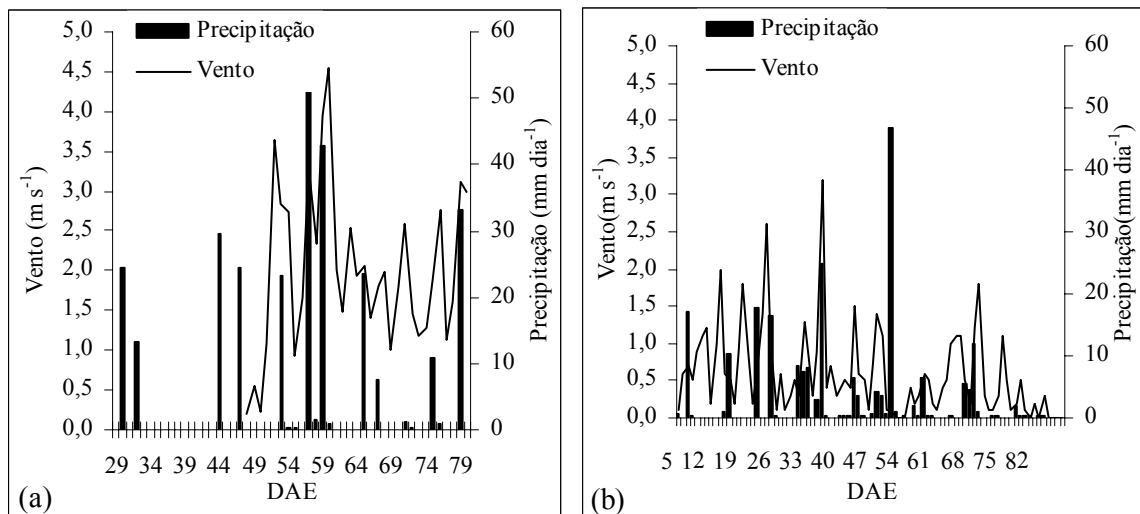
**Figura 6:** Estatura média das plantas de batata, cultivar Macaca, em função do número de dias após a emergência (DAE). Santa Maria, RS, outono de 2004.

A evolução mais rápida em 2004 também foi verificada para o IAF, sendo que as plantas em 2004 atingiram IAF = 0,5 aos 10 DAE, devido a uma brotação mais abundante e vigorosa, tubérculos com melhor quebra de dormência e ocorrência de temperatura mais elevada para o

crescimento, além da melhor disponibilidade hídrica proporcionada por irrigação complementar. Em 2003 o valor de IAF = 0,5 foi alcançado aproximadamente aos 25 DAE.

### 4.3 - Precipitação pluvial e velocidade do vento

Na figura 7 são apresentados os valores da velocidade do vento, em 2003 a partir dos 46 DAE, e da precipitação ocorrida durante todo o período de condução dos dois experimentos realizados. A velocidade do vento na primavera de 2003 (Figura 7a) foi em média maior do que no outono de 2004 (Figura 7b), o que se deve ao fato de que o experimento de 2003 foi realizado em uma área bem exposta ao vento (principalmente na direção do quadrantes NNW, N, NE, E e SE), próximo ao topo de uma das elevações predominantes do relevo (altitude  $\approx$  515m). Além disso, em Santa Maria a velocidade média do vento e as rajadas máximas diárias de vento são respectivamente 40% (MORENO, 1961) e 50% (HELDWEIN et al., 2003) maiores na primavera do que no outono. Verificou-se que na primavera de 2003 (Figura 7a) as chuvas foram mais intensas do que no outono de 2004 (Figura 7b).



**Figura 7.** Velocidade média do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ ) e precipitação pluvial ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) acima da cultura da batata, cultivar Macaca. Silveira Martins, RS, primavera de 2003 (a) e Santa Maria, outono de 2004 (b).

### 4.4. Radiação solar global

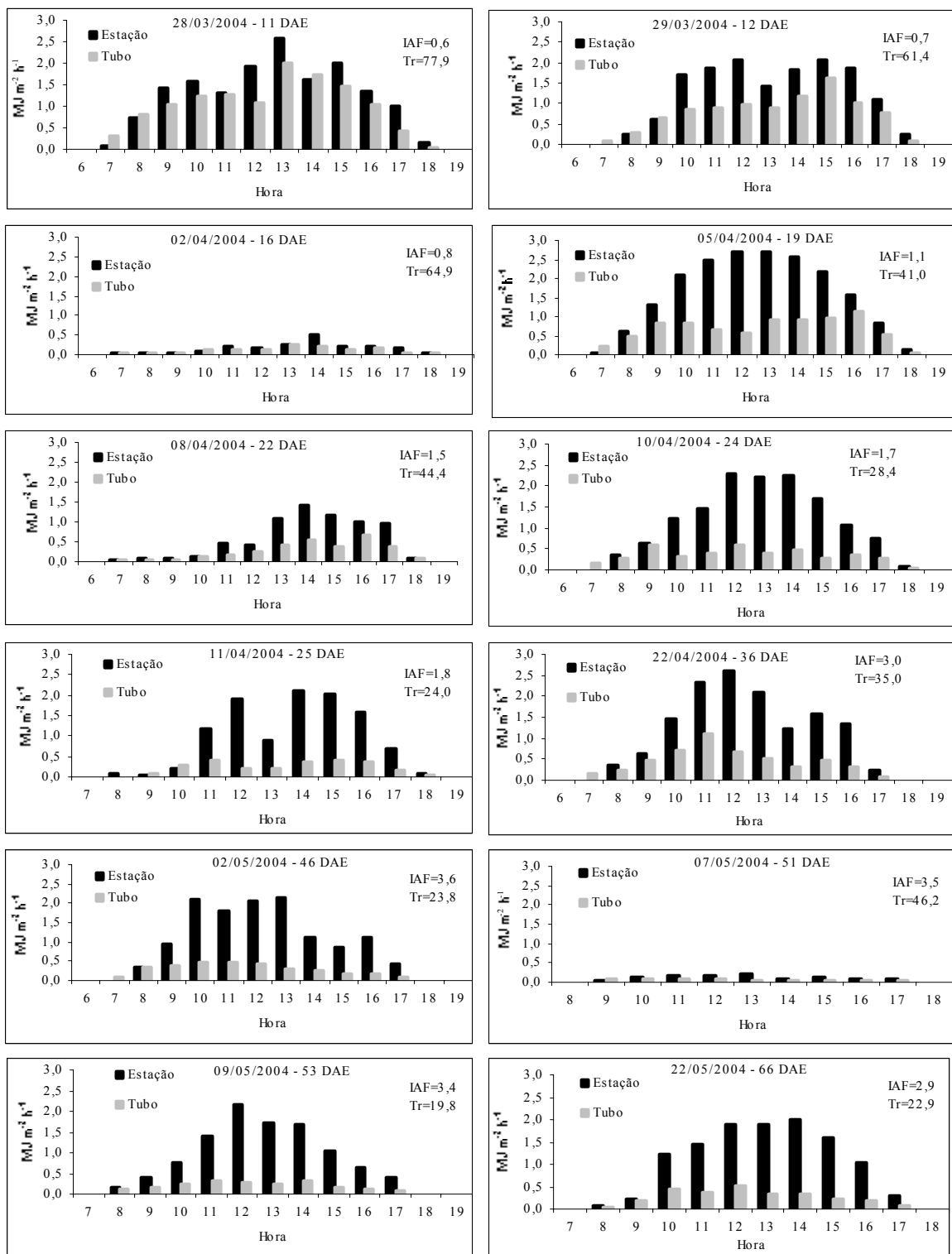
A radiação solar global medida nos níveis de 0,05 m ( $R_{gi}$ ) e 1,50 m ( $R_{ge}$ ) de altura, respectivamente, abaixo e acima da cultura da batata, na primavera de 2004 é apresentada na Figura 8. Verifica-se que aos 11 DAE (28/03), quando a cultura apresentava um IAF de 0,6, a

radiação solar transmitida no dossel ( $Tr$ ), foi de 77,9%. Ao longo do ciclo a radiação solar transmitida diminuiu em razão do aumento do IAF. Aos 16 DAE (02/04), 22 DAE (08/04), 25 DAE (11/04), 36 DAE (22/04) e 51 DAE (07/05) verificou-se um aumento da  $Tr$  em relação à curva de tendência, mesmo quando o dossel já apresentava um elevado IAF aos 51 DAE. Nesses dias ocorreu precipitação e, provavelmente, por isso, durante e após a chuva, o arranjo foliar ficou alterado pela mudança da orientação de grande parte das folhas pela chuva e pelo vento. Além disso, a predominância de radiação difusa nos dias nublados, com ou sem chuva, contribuiu para o aumento da  $Tr$  do dossel. Tal fato parece evidenciado aos 51 DAE, quando se observou uma elevação no valor da  $Tr$ , provavelmente, porque ocorreu precipitação durante todo esse dia entre 07 e 22 h, que totalizou 46,8 mm, e o céu permaneceu encoberto durante todo o dia. Em virtude das poucas repetições em 2004 e das falhas de medição de  $R_{ge}$  incidente no topo do dossel na maior parte do experimento de 2003, essa constatação precisa ser melhor monitorada e analisada para obter respostas conclusivas.

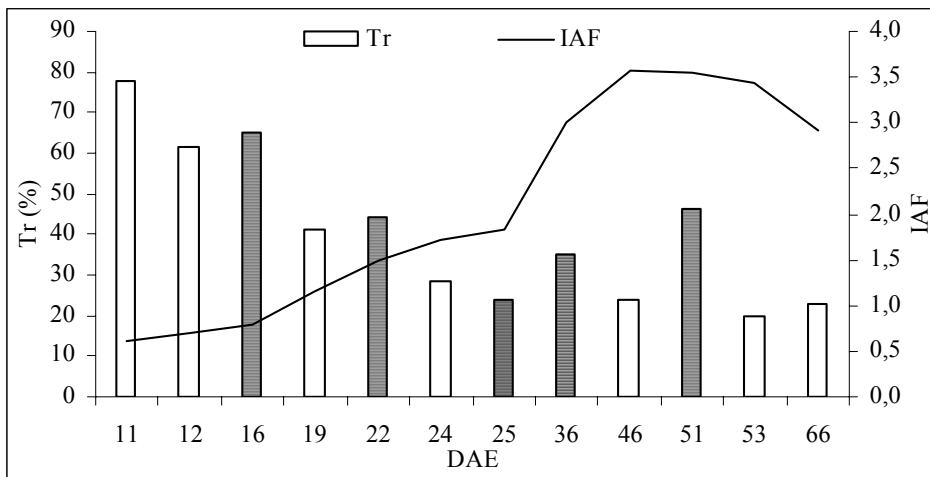
A  $Tr$  média diária ponderada é visualizada na Figura 9, sendo esta maior no início do ciclo da cultura, devido ao baixo valor de IAF. Ao longo do ciclo a tendência da  $Tr$  foi de diminuição devido ao incremento de IAF, isto é, quanto maior o IAF tanto maior é a radiação solar interceptada pelas folhas e hastes da cultura e, conseqüentemente, menos radiação incide no meio e abaixo da parte aérea da cultura. A relação entre a  $Tr$  média diária ponderada, com DAE e com o IAF, apresentou resposta exponencial negativa, com coeficientes de determinação altamente significativos, que alcançaram valores de 0,902 e 0,936, respectivamente (Figuras 10a e 10b). No início do ciclo, no qual o IAF apresentou valores baixos, foram observados elevados valores de  $Tr$ , os quais foram diminuindo gradativamente ao longo do ciclo até os 53 DAE quando foi atingido o IAF máximo de  $3,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . Após os 53 DAE iniciou um decréscimo da área foliar da cultura e, em conseqüência, houve um pequeno aumento na  $Tr$ . Verifica-se, portanto, que a duplicação do IAF ou do tempo em DAE não implica numa redução da  $Tr$  para sua metade e que o valor da  $Tr$  tende a estabilizar-se próximo de 17% nos valores mais elevados de cobertura foliar ( $IAF \approx 3,0$ ).

Nas Figuras 8, 9 e 10 verifica-se que, após o acamamento, aos 36 DAE, não ocorreu mudança da  $Tr$ . Isto foi, provavelmente devido à posição de instalação do tubo solarímetro, o qual foi instalado junto à base e paralelo a fileira das plantas.

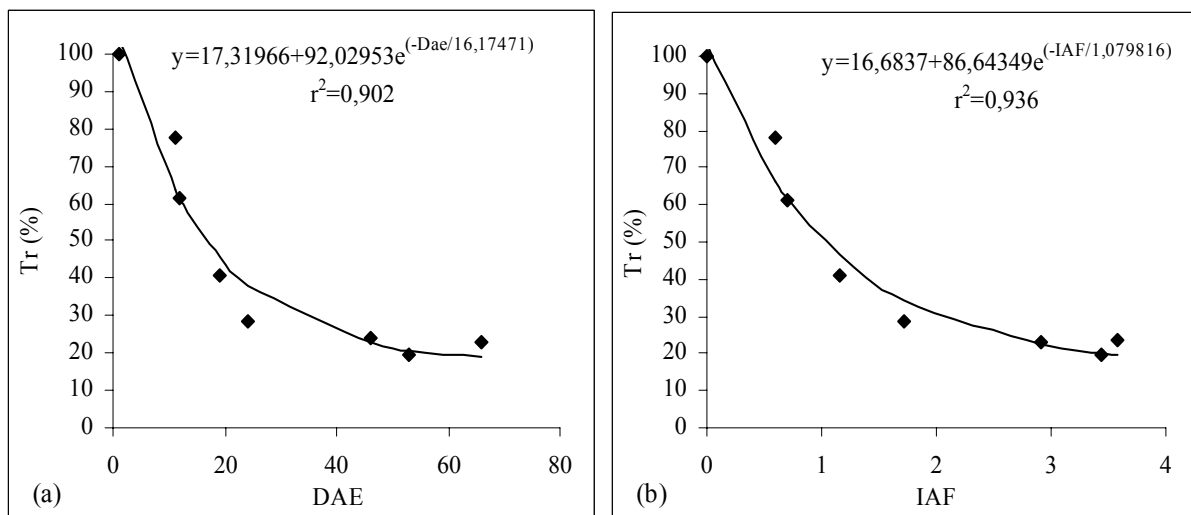




**Figura 8:** Radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) obtida num tubosolarímetro instalado a 0,05 m de altura (Tubo) e num piranômetro instalado acima do dossel de plantas da cultura de batata (na estação), em diferentes dias após a emergência (DAE), com diferentes índices de área foliar (IAF) e radiação solar transmitida média diária (Tr em %), cultivar Macaca, Santa Maria, outono de 2004.



**Figura 9:** Índice de área foliar (IAF) e radiação solar transmitida média diária (Tr, em %) medida num tubo solarímetro a 0,05 m em relação a um piranômetro acima do dossel da cultura de batata, cultivar Macaca, em alguns dias após a emergência (DAE). As colunas hachuradas representam a Tr em dias com chuva. Santa Maria, RS, outono de 2004.

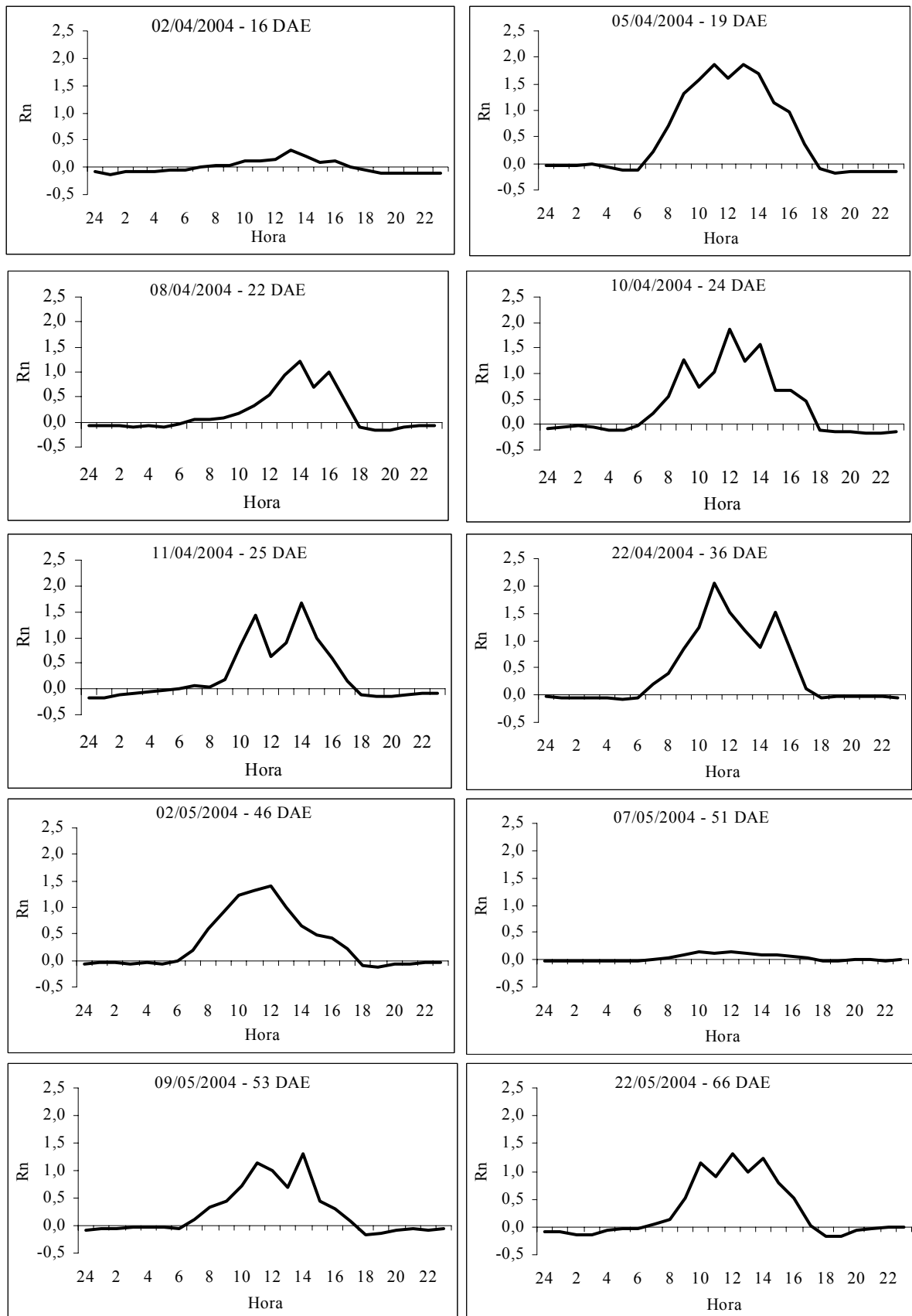


**Figura 10:** Relação entre a radiação solar transmitida média diária (Tr, em %) obtida em dias sem chuva num tubo solarímetro a 0,05 m em relação a um piranômetro acima do dossel da cultura de batata, cultivar Macaca, em função do tempo em dias após a emergência (DAE) (a) e do índice de área foliar (IAF) (b). Santa Maria, RS, outono de 2004.

#### 4.5- Saldo de radiação

Na Figura 11 estão representados os valores do saldo de radiação ocorrido ao longo do período diário em diferentes datas do ciclo da cultura, no outono de 2004. Nas datas de 02/4 e 7/05/04 a condição era de céu encoberto, determinando que ao longo das 24 horas do dia os valores do saldo permanecessem próximos de zero. Os dias 05/4 e 2/05/04 são típicos de

condições de pouca ou nenhuma nebulosidade e os demais se referem aos dias com céu parcialmente nublado. Esses dados, no entanto não permitem visualizar se existe um efeito da mudança da cobertura do solo pela parte aérea das plantas de batata ao longo do ciclo no saldo de radiação. Heldwein (1993) pondera que o saldo de radiação sobre um dossel de plantas é afetado principalmente pela reflectância dos elementos ou partes da superfície que estão expostos à radiação solar durante o período diurno. Também comenta que no período noturno o  $R_n$ , sob condições meteorológicas pouco variáveis, é afetado principalmente pela capacidade de armazenar e conduzir calor desde as camadas internas do solo até sua superfície e desta até suas partes expostas durante a noite. Uma vez que os solos cultivados, por estarem úmidos, absorvem, conduzem e armazenam mais calor proveniente dos fluxos radiativos do que as plantas e tem menor reflectância à radiação solar, mas também menor emissividade para a radiação de onda longa do que as folhas das plantas, pode-se inferir que o saldo de radiação deve apresentar variação com o grau de exposição direta do solo em virtude da variação do IAF ao longo do ciclo. Como não foi possível medir a refletividade do cultivo, analisou-se os dados da fração entre o saldo de radiação e a radiação global incidente, os quais, de forma indireta, poderiam permitir avaliar o efeito da cobertura vegetal no saldo de radiação e na refletividade no período diurno. Os resultados dessa análise, no entanto, não confirmaram essa hipótese, pois as curvas de tendência que melhor se ajustaram aos dados, apresentaram um coeficiente de determinação menor do que 0,45.



**Figura 11.** Média do Saldo de radiação ( $R_n$ , em  $\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) medido em dois saldoradiômetros acima de um dossel de plantas de batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, outono de 2004.

## 4.6 Valores máximos e mínimos diários (extremos) de temperatura, umidade relativa e temperatura do ponto de orvalho do ar

### 4.6.1 Primavera de 2003.

Na primavera de 2003, os maiores valores de temperatura máxima diária, na maioria dos dias foram verificados no nível de 0,20 m (Meio) e ou 0,40 m a partir do nível do solo (Tabelas 3 e 4). Em alguns dias de céu límpido, com aumento da temperatura durante o dia, a temperatura máxima diária foi mais elevada no interior do dossel, a 0,15 m ou 0,20 m (Meio) de altura (52 DAE, 61 DAE, 62 DAE e 73 DAE). Nesses dias, além do aquecimento rápido do dossel, devido à alta disponibilidade de radiação solar e, provavelmente, devido à ocorrência de vento com velocidade alta a moderada, o calor sensível do terço superior foi removido facilmente pelo processo de mistura forçada do ar do que nos níveis baixos do dossel. Uma vez que a maior parte da energia solar absorvida pelas plantas no seu terço superior é dissipada na forma de calor latente, dentro do dossel esse processo não seria tão efetivo, devido à remoção mais lenta do vapor d'água, o que resultaria numa maior proporção de dissipação de energia na forma de calor sensível.

**Tabela 3.** Valores mínimos (Min.) e máximos (Max.) de temperatura (T em °C) e umidade relativa (UR em %) do ar, medidos em três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1 m de altura (1 m). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

Data	DAE	T <sub>meio</sub>		T <sub>1 m</sub>		UR <sub>Meio</sub>		UR <sub>1 m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
9/11	50	16,7	28,0	17,6	26,7	80,6	94,2	72,6	88,1
10/11	51	16,3	34,0	17,7	29,8	51,4	96,7	49,9	88,5
11/11	52	17,9	37,0	18,0	35,8	46,0	92,2	34,5	88,6
12/11	53	14,1	26,2	14,1	27,1	57,3	96,5	45,0	90,6
16/11	57	16,3	21,1	17,0	22,2	90,5	98,0	80,6	92,9
18/11	59	13,4	23,1	14,1	23,0	81,3	94,6	66,2	86,5
20/11	61	9,8	22,6	11,1	19,8	73,0	94,4	51,9	80,7
21/11	62	8,6	29,0	9,3	25,1	63,4	100,0	57,1	93,0
24/11	65	17,3	23,4	17,1	24,8	81,9	99,4	68,9	99,0
26/11	67	17,6	32,7	18,3	30,2	70,5	100,0	61,7	100,0
28/11	69	14,9	30,6	16,4	27,5	63,7	98,6	51,7	96,7
2/12	73	15,3	33,5	16,1	28,6	60,6	98,6	62,1	97,3
$\bar{X}$ 12 dias		14,9	28,4	15,6	26,7	68,4	96,9	58,5	91,8
$\bar{X}$ 49–75 DAE		15,5	29,1	16,2	27,1	70,7	95,8	61,1	90,5

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  12 dias: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  49–75 DAE: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 49 aos 75 DAE.

Eventualmente a temperatura máxima diária mais elevada ocorreu no nível mais alto (2,2 m), acima do dossel (Tabela 4). Verificou-se essa ocorrência apenas em dias (53 DAE e 57 DAE), com ventos moderados a fortes, céu completamente encoberto todo o dia e com freqüentes pancadas de chuva, condição típica de dias nublados com vento “Norte”, quando da passagem de frentes quentes sobre a região. Nessa condição, nos intervalos das pancadas de chuva, a pequena evaporação que ocorre no terço superior do dossel mais exposto ao vento quente, determina que nesse nível ocorra menor temperatura em relação aos demais. Aos 59, 65 DAE e 67 DAE as condições de nebulosidade e precipitação foram semelhantes, porém o vento não era quente e por essa razão não ocorreu inversão térmica na hora da temperatura máxima como foi o caso aos 53 DAE e 57 DAE (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de temperatura (T em °C) em cinco níveis de medida em uma torre (0,15 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,2 m), na cultura da batata, cv. Macaca. Silveira Martins, RS, primavera 2003.

Data	DAE	T <sub>0,15 m</sub>		T <sub>0,40 m</sub>		T <sub>1,0 m</sub>		T <sub>1,5 m</sub>		T <sub>2,2 m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
9/11	50	17,0	28,5	17,0	29,0	18,3	26,9	18,5	26,0	18,8	25,4
10/11	51	16,6	32,5	17,2	33,5	18,3	29,3	18,1	28,4	18,3	29,3
11/11	52	18,4	37,4	18,1	37,3	18,5	35,8	18,3	35,3	18,5	34,9
12/11	53	14,6	27,0	14,7	26,9	14,5	27,5	14,2	27,5	14,3	27,8
16/11	57	16,8	21,7	16,9	21,8	17,8	22,7	17,4	22,5	17,6	23,0
18/11	59	14,3	22,8	14,3	24,2	15,2	23,0	14,5	22,0	14,7	22,3
20/11	61	11,2	23,3	11,4	21,3	12,0	19,7	11,4	19,0	11,6	18,5
21/11	62	9,8	27,0	10,0	28,4	10,5	24,8	9,6	23,7	9,7	24,5
24/11	65	17,9	24,6	17,8	24,8	17,8	25,7	17,2	25,4	17,2	25,7
26/11	67	18,8	32,1	18,3	32,8	19,2	30,1	18,7	28,7	18,8	29,7
28/11	69	16,2	29,4	16,5	30,1	17,8	27,5	17,0	26,9	17,2	27,5
2/12	73	16,2	31,3	16,3	30,9	16,7	28,4	16,3	28,1	16,3	28,7
$\bar{X}$ 12 dias		15,7	28,1	15,7	28,4	16,4	26,8	15,9	26,1	16,1	26,4
$\bar{X}$ 49–75 DAE		16,3	28,4	16,4	28,8	17,0	27,1	16,6	26,5	16,8	26,6

DA  $\bar{X}$  49–75 DAE: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 49 aos 75 DAE. E: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  12 dias: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 12 dias analisados,

Os menores valores de temperatura máxima diária geralmente ocorreram a 2,2m e a 1,5 m de altura (Tabela 4), com exceção dos 53 DAE e 57 DAE, cujas causas já foram discutidos.

A diferença média de temperatura máxima diária entre os dois níveis extremos na torre, 2,2 m e 0,15 m ( $T_{2,2} - T_{0,15}$ ), referente aos 12 dias específicos e de todo o período experimental de 2003, foi de -1,7°C e -1,8°C, respectivamente (Tabela 4), mostrando a predominância do maior aquecimento em meio à cultura em relação ao ar que circula acima

da mesma nas horas mais quentes do dia. Entre os níveis de 1,0 m e 0,15 m ( $T_{1,0} - T_{0,15}$ ), na torre essas diferenças foram um pouco menores, com um valor médio de  $-1,3^{\circ}\text{C}$  e  $-1,3^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Na tabela 3 verifica-se que a diferença entre níveis semelhantes aos da torre, na média das três repetições ( $T_1 - T_{\text{meio}}$ ), o valor médio das máximas diárias dos respectivos 12 dias e de todo o período alcançaram  $-1,7^{\circ}\text{C}$  e  $-2,0^{\circ}\text{C}$ . As máximas diferenças entre estes dois níveis ocorreram aos 61 DAE, na torre ( $-3,6^{\circ}\text{C}$ ), e aos 73 DAE, nas repetições ( $-4,9^{\circ}\text{C}$ ). Nos dois dias houve alta disponibilidade de radiação solar.

As temperaturas mínimas diárias no perfil da torre foram, em média, maiores a 1,0 m de altura e os menores em meio ao dossel, a 0,40 m ou a 0,15 m de altura (Tabela 4), similar ao verificado na média das outras três repetições (Tabela 3). Também se verifica que os gradientes de temperatura entre os dois níveis na torre ( $T_{1,0} - T_{0,15}$ ) e nas repetições ( $T_1 - T_{\text{meio}}$ ) foram similares, perfazendo uma diferença média de temperatura de  $0,7^{\circ}\text{C}$ , tanto para os 12 dias específicos, quanto para todo o período experimental. Observa-se, porém que tanto a 1,0 m quanto em meio ao dossel os valores de temperatura mínima medidos são em média  $0,8^{\circ}\text{C}$  maiores na torre do que nas repetições, indicando que houve variabilidade espacial horizontal. Com esses resultados pode-se inferir que, em estudos de perfil de temperatura em dosséis de plantas de batata, o número de repetições no sentido horizontal deve ser aumentado, utilizando-se os sensores disponibilizados para aumentar o número de níveis de medida em um número menor de torres.

As mínimas maiores a 1,0 m de altura ocorreram devido a este nível, provavelmente, estar mais próximo do topo da inversão térmica acima do dossel de plantas. Isso geralmente decorre de um período do nictêmero com saldo de radiação negativo na superfície exposta do cultivo. Por isso, nessas condições, o resfriamento mais acentuado em geral ocorre no nível em que as folhas superiores, mais expostas, trocam energia radiante de onda longa com a atmosfera, isto é, a partir desse nível o resfriamento do ar ocorre indiretamente de baixo para cima, sendo mais intenso no terço superior do dossel quando este estiver encobrindo totalmente o solo.

Em dosséis de plantas menos densos ou menos fechados, parte da troca de energia radiante acontece também em folhas mais próximas da superfície do solo, nas partes onde o dossel é mais permeável. Em geral são essas as folhas que mais se resfriam, porque, além de estarem expostas a céu aberto, estão mais abrigadas do fluxo positivo de calor sensível que as folhas da parte superior do dossel, mais expostas à circulação do ar externo. Além disso, quanto mais permeável for o dossel, mais facilmente o ar frio (mais denso) tende a descer pelos espaços vazios, trocando de posição com o ar menos frio dos níveis mais baixos do

dossel, o que acelera os movimentos convectivos de pequena escala e atenua o gradiente térmico dentro do dossel. A variação do nível em que ocorre a menor temperatura mínima dentro do dossel depende, portanto, da estrutura, do arranjo e da densidade dos elementos que compõem a parte aérea das plantas do dossel, além das condições meteorológicas do local, principalmente da velocidade do vento e da contra-radiação da atmosfera. Com os dados da Tabela 4 pode-se verificar apenas essa mudança devido ao acamamento das plantas provocado por uma forte chuva juntamente com um vendaval, ocorrido aos 57 DAE, uma vez que o IAF (Figura 3) apresentou pouca variação dentro do período de análise experimental dos dados (50 DAE aos 73 DAE).

A diferença de temperatura mínima entre os níveis 2,2 m e 0,15 m ( $T_{2,2} - T_{0,15}$ ), foi em média de +0,4°C nos 12 dias selecionados e de +0,5°C para todo o período experimental. A maior diferença foi de 1,8°C aos 50 DAE numa condição de calmaria. O vento a dois metros foi muito calmo a ponto de não movimentar em nenhum momento o anemômetro ( $U_2 = 0,0 \text{ m s}^{-1}$ ) nas horas que antecederam, bem como no momento da ocorrência da temperatura mínima. Nessa condição, devido a calmaria, o nível do topo da inversão térmica ficou bem acima do nível das demais noites em geral (1,0 m), provavelmente acima de 2,2 m (Tabela 4). Em outra noite com inversão térmica significativa (69 DAE) a diferença entre os dois níveis alcançou apenas 1,0°C, devido a ocorrência de ventos fracos ( $U_2$  de 0,1 a 0,2  $\text{m s}^{-1}$ ). Nas repetições, os valores de diferença entre 1m de altura e o meio da cultura ( $T_1 - T_{\text{meio}}$ ), não excederam os 1,5°C, ocorridos aos 69 DAE.

Nas Tabelas 3 e 5 são apresentados os valores máximos e mínimos diários da umidade relativa do ar (UR) medidos em dois níveis, a 1,0 m de altura e em meio ao dossel (média de três repetições) e em cinco níveis (torre). Verifica-se que tanto os valores de UR máxima diária quanto os de UR mínima diária decresceram gradativamente desde próximo a superfície do solo, dentro do dossel ( $UR_{\text{meio}}$  e  $UR_{0,15}$ ), até o nível mais alto (2,2 m). Essa tendência era esperada, pois na condição de um sistema aberto, tal como um cultivo agrícola na baixa troposfera, a concentração de vapor d'água decresce a partir da superfície úmida onde ocorre vaporização. Os dados de temperatura do ponto de orvalho medidos ao longo do período experimental dão suporte a essa afirmação (Tabelas 6 e 7). Alterações dessa tendência normal de variação vertical da UR são esperadas apenas quando a baixa troposfera tende à saturação de vapor, condição na qual o gradiente vertical de UR tende a zero. Essa condição pode se estabelecer, por exemplo, quando ar quente e muito úmido se desloca sobre uma superfície fria e seca. Além de condensar vapor sobre a superfície, ocorre resfriamento em todo o perfil, levando à saturação do ar em todos os níveis até a altura em que ocorre esse efeito.



**Tabela 5.** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de umidade relativa (UR em %) em cinco níveis de medida em uma torre (0,15 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,2 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Silveira Martins, RS, primavera 2003.

Data	DAE	UR <sub>0,15m</sub>		UR <sub>0,40m</sub>		UR <sub>1,0m</sub>		UR <sub>1,5m</sub>		UR <sub>2,2m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
9/11	50	78,1	95,2	73,1	93,3	70,0	88,0	74,2	85,4	76,7	82,9
10/11	51	58,3	99,0	53,9	93,3	50,8	88,0	48,3	88,9	44,	87,1
11/11	52	38,2	92,6	41,0	91,6	30,7	86,3	30,9	87,1	34,9*	85,4
12/11	53	52,0	93,8	52,5	88,8	40,7	87,7	*	*	*	*
16/11	57	90,7	100,0	88,2	100,0	77,5	89,7	78,9	91,5	75,4	87,8
18/11	59	76,8	93,7	71,1	93,7	65,2	81,2	67,3	83,7	65,4	81,9
20/11	61	75,6	96,5	58,7	89,8	51,0	85,6	50,9	80,9	52,5	78,9
21/11	62	69,4	100,0	64,6	96,4	56,0	91,8	54,9	92,7	50,6	90,4
24/11	65	79,9	100,0	77,1	100,0	65,3	98,1	63,7	100,0	63,3	98,1
26/11	67	68,7	100,0	68,5	100,0	61,6	96,3	61,8	100,0	57,9	97,2
28/11	69	63,5	100,0	58,8	98,0	48,5	92,5	*	*	*	*
2/12	73	67,6	100,0	57,7	100,0	63,4	96,10	60,7	98,0	58,8	97,0
$\bar{X}$ 12 dias		68,2	97,4	63,8	95,4	56,7	90,1	59,2	90,8	58,0	88,7
$\bar{X}$ 49–75 DAE		72,6	97,6	65,8	94,8	59,9	88,7	59,3	89,2	59,0	87,1

\*Eliminação dos dados devido ao umedecimento insuficiente do termopar de bulbo úmido.

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  12 dias: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  49–75 DAE: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 49 aos 75 DAE.

A temperatura do ponto de orvalho (Td), uma função da pressão parcial do vapor d'água do ar, foi maior no interior do dossel e/ou no seu topo do que acima do mesmo, apresentando em geral acentuado gradiente no momento da temperatura máxima (Tabelas 6 e 7) e gradientes pouco desenvolvidos nos dias de vento calmo, com céu nublado (9/11 e 28/11/03), ou nos períodos de chuva (16/11/03). A superfície do solo quando úmida e, principalmente, o dossel vegetativo, são as fontes de vapor d'água do ar, quando este não está saturado, e por isso é junto à superfície do solo e no meio do dossel que a temperatura do ponto de orvalho é maior. Condições de inversão térmica acentuada podem determinar que a parte do dossel onde ocorreu resfriamento mais acentuado apresente menor Td, o que foi verificado aos 50 DAE, 51 DAE, 69 DAE e 73 DAE na hora da temperatura mínima diária (Tabela 7).

Ventos fortes a moderados tiveram pouco efeito na atenuação dos gradientes de Td no período diurno, porém atenuaram consideravelmente os gradientes de Td durante o período de resfriamento noturno, inclusive na hora da temperatura mínima (10/11, 11/11, 18/11, 21/11 e 02/12/03). Esses resultados estão de acordo com os obtidos para o período noturno por Heldwein & Krzysch (1999), os quais verificaram que no período noturno a variação da pressão parcial do vapor d'água do ar no topo do cultivo em relação a medida padrão no

abrigo da estação meteorológica é dependente da variação da velocidade do vento, do saldo de radiação e da temperatura do ar.

**Tabela 6.** Valores mínimos (Min.) e máximos(Máx.) de temperatura do ponto de orvalho (Td em °C), medidos em três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1m de altura (1m). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

Data	DAE	Td <sub>meio</sub>		Td <sub>1 m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.
9/11	50	15,8	24,3	15,6	21,4
10/11	51	15,8	22,5	15,8	18,2
11/11	52	16,6	23,4	16,1	17,7
12/11	53	13,5	17,1	12,6	14,2
16/11	57	16,0	19,5	15,9	18,7
18/11	59	12,6	19,7	11,9	16,3
20/11	61	9,0	17,5	7,9	9,6
21/11	62	8,6	21,3	8,2	16,0
24/11	65	17,2	20,2	16,9	18,7
26/11	67	17,6	26,7	18,3	22,1
28/11	69	14,7	22,9	15,8	16,7
2/12	73	15,1	24,8	15,6	20,6
$\bar{X}$ 12 dias		14,4	21,6	14,1	17,5
$\bar{X}$ 49-75 DAE		14,9	22,9	14,6	18,6

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  12 dias: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  49–75 DAE: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 49 aos 75 DAE.

**Tabela 7.** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de temperatura do ponto de orvalho(Td em °C) em cinco níveis de medida em uma torre (0,15 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,2 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Silveira Martins, RS, primavera 2003.

Data	DAE	Td <sub>0,15 m</sub>		Td <sub>0,40 m</sub>		Td <sub>1,0 m</sub>		Td <sub>1,5 m</sub>		Td <sub>2,2 m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
9/11	50	16,2	24,3	15,9	23,7	16,3	21,0	16,0	21,0	15,8	21,0
10/11	51	16,4	23,2	16,1	22,9	16,3	18,1	16,2	16,4	16,1	15,9
11/11	52	17,2	20,8	16,7	21,8	16,2	15,9	16,1	15,5	16,0	*
12/11	53	13,6	16,3	12,9	16,4	12,5	13,0	*	*	*	*
16/11	57	17,1	20,1	16,9	19,8	16,1	18,6	16,0	18,7	15,6	18,4
18/11	59	13,3	18,5	13,3	18,6	12,0	16,1	11,8	15,7	11,6	15,5
20/11	61	10,7	18,7	9,8	12,9	9,7	9,3	8,2	8,6	8,1	8,6
21/11	62	9,8	20,9	9,5	21,1	9,2	15,4	8,5	14,1	8,2	13,6
24/11	65	17,9	20,9	17,8	20,5	17,5	18,7	17,2	18,0	16,9	18,2
26/11	67	19,1	25,6	18,3	26,2	18,6	21,9	18,7	20,6	18,3	20,5
28/11	69	16,7	21,7	16,2	21,1	16,6	15,7	*	*	*	*
2/12	73	16,4	24,6	16,3	21,6	16,1	20,8	16,0	19,8	15,8	19,8
$\bar{X}$ 12 dias		15,4	21,3	15,0	20,6	14,8	17,0	14,5	16,8	14,2	16,8
$\bar{X}$ 49-75 DAE		15,9	22,7	15,5	21,4	15,1	18,3	14,7	17,5	14,5	17,6

\*Dados eliminados devido ao umedecimento insuficiente do termopar de bulbo úmido.

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  12 dias: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  49–75 DAE: Valores médios de temperatura e umidade do ar dos 49 aos 75 DAE.

#### 4.6.2 Outono de 2004

As temperaturas máximas e mínimas diárias medidas em alguns dias típicos (com tempo bom, chuva, ventos moderados ou com ventos calmos), nas três repetições afastadas da torre, são apresentadas na Tabela 8. As temperaturas mínimas não excederam  $20,2^{\circ}\text{C}$  no meio da cultura e  $20,4^{\circ}\text{C}$  a 1 m de altura, sendo estes os valores absolutos de todo o ciclo, que ocorreram em 05/04/04. A menor temperatura mínima diária foi de  $10,9^{\circ}\text{C}$  e  $11,2^{\circ}\text{C}$  no meio da cultura e a 1 m de altura, respectivamente, no dia 02/05/04. Na torre (Tabela 9) as temperaturas mínimas diárias foram mais altas do que nas três repetições, principalmente após os 36 DAE, quando ocorreu acamamento das plantas. Esses resultados mostram que nos períodos noturnos do outono, principalmente quando houve inversão térmica acentuada, também ocorreu variabilidade espacial horizontal de temperatura no dossel, e essa variabilidade foi maior do que em 2003. Verifica-se também que na torre (Tabela 9) a inversão térmica na hora da temperatura mínima diária poucas vezes foi acentuada, o que não confere com os dados das três repetições (Tabela 8), provavelmente devido ao dossel estar menos fechado na área de domínio da torre. O domínio da área de projeção dos sensores na torre abrangeu menos área coberta com vegetação do que as restantes três repetições.

Considerando as diferenças de temperatura mínima entre os níveis de 1,0 m e o meio do dossel, o maior valor foi de  $0,5^{\circ}\text{C}$  nas repetições e  $0,7^{\circ}\text{C}$  na torre ( $T_{1,0}-T_{0,10}$ ), ambas em 09/05/04 (Tabela 9). Neste dia o saldo de radiação foi bastante negativo em pelo menos uma parte da noite e o vento foi calmo, condições favoráveis ao resfriamento rápido da superfície e à estagnação do ar frio junto a superfície da cultura, gerando forte inversão térmica. Em uma condição meteorológica inversa, no dia 08/04/04 (22 DAE) observa-se que não ocorreu inversão térmica no gradiente, sendo a temperatura mínima  $0,2^{\circ}\text{C}$  maior no meio do cultivo do que acima. Neste dia, a madrugada foi de vento calmo, porém o céu permaneceu encoberto de nuvens, impedindo o resfriamento da superfície. O saldo de radiação entre 21 h e 4 h foi de apenas  $-7\text{W m}^{-2}$ , devido à densa nebulosidade, tal que a partir das 9 h da manhã ocorreu precipitação.

As temperaturas máximas diárias do ar medidas nas três repetições tiveram uma amplitude de variação ao longo do ciclo de  $16,2^{\circ}\text{C}$  a  $31,6^{\circ}\text{C}$  no meio da cultura e de  $16,7^{\circ}\text{C}$  a  $31,5^{\circ}\text{C}$  a 1 m de altura. As temperaturas máximas absolutas do ciclo foram registradas no dia 29/03/04 no meio da cultura e no dia 22/04/04 a 1 m de altura. Na torre a temperatura máxima absoluta, também registrada nesse dia, foi de  $32,0^{\circ}\text{C}$  a 1 m de altura e de  $31,2^{\circ}\text{C}$  a 0,10 m de altura.

Dos 16 DAE (IAF $\approx$ 0,6) até os 66 DAE, a tendência foi de não existir gradientes apreciáveis na hora de ocorrência da temperatura máxima, exceto aos 36 DAE. Nesse dia a temperatura máxima foi maior a 1 m de altura, devido a alta disponibilidade de radiação solar e a ocorrência de vento “Norte”, que se caracteriza por ser quente e seco. Até os 15 DAE, provavelmente devido ao baixo IAF, e após os 66 DAE, devido a senescência de boa parte das folhas e em parte em consequência do acamamento das plantas ocorrido 30 dias antes, a tendência foi de ocorrer maior temperatura máxima a 0,10 m do que a 1 m, indicando que o maior aquecimento do ar aconteceu num nível mais baixo do que entre os 16 DAE e 66 DAE.

**Tabela 8.** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx) de temperatura (T em °C), umidade relativa (UR em %) do ar e saldo de radiação (Rn em W m<sup>-2</sup>), valores médios de três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1 m de altura (1m). Santa Maria, RS, outono de 2004.

Data	DAE	T <sub>meio</sub>		T <sub>1m</sub>		UR <sub>meio</sub>		UR <sub>1m</sub>		Rn	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
28/03	11	16,7	31,3	-	-	71,9	100,0	-	-	-	-
29/03	12	18,6	31,6	-	-	73,2	99,5	-	-	-	175,8
2/04	16	19,7	23,3	20,1	23,8	90,9	99,8	76,8	94,4	-14,6	11,4
5/04	19	20,2	31,4	20,4	31,3	81,3	99,1	58,4	95,9	-12,7	161,8
8/04	22	18,9	25,5	18,7	25,8	90,8	100,0	75,0	98,1	-7,0	106,4
10/04	24	17,7	25,4	18,0	25,5	85,7	98,6	61,6	92,2	-17,6	222,1
11/04	25	17,0	24,5	17,3	24,6	92,8	100,0	78,0	95,5	-16,6	101,7
22/04	36	17,7	30,0	17,8	31,5	86,7	100,0	56,7	98,7	-4,8	181,0
2/05	46	10,9	25,0	11,2	24,6	86,0	100,0	67,4	100,0	-2,4	176,6
7/05	51*	14,8	16,2	15,1	16,7	99,8	100,0	99,7	100,0	1,7	-1,2*
9/05	53	13,0	24,3	13,5	24,5	89,5	100,0	72,4	100,0	-8,1	54,5
22/05	66	12,3	22,2	12,7	22,4	87,2	100,0	66,5	99,6	-13,2	139,2
$\bar{X}$ dos 12 dias		16,5	25,9	16,5	25,1	86,3	99,8	71,3	97,4	-9,5	133,1
$\bar{X}$ dos 1 <sup>os</sup> 8 dias		18,3	27,9	18,7	27,1	84,2	99,6	67,8	95,8	-12,2	137,2
$\bar{X}$ 46,51,53,66 DAE		12,8	21,9	13,1	22,1	90,6	100,0	76,5	99,9	-5,5	123,4
$\bar{X}$ 11-36DAE		17,3	29,0	17,3	28,7	83,1	100,0	63,5	87,6		
$\bar{X}$ 11-81DAE		13,2	23,7	13,3	23,3	87,6	100,0	69,4	83,1		

\* A temperatura máxima diária só ocorreu as 23h:33min, momento da UR mínima.

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  dos 12 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  dos 1<sup>os</sup> 8 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos primeiros 8 dias analisados, dos 11 DAE aos 36 DAE,  $\bar{X}$  46,51,53,66 DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 46, 51, 53 e 66 DAE,  $\bar{X}$  11-36DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 11 DAE aos 36 DAE,  $\bar{X}$  11-81DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação de todo o período experimental (11 DAE aos 81 DAE).

**Tabela 9.** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de temperatura (T em °C) a 0,40 m de altura e temperatura em cinco níveis de medida em uma torre (0,10 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, 2004.

Data	DAE	T <sub>0,10 m</sub>		T <sub>0,40 m</sub>		T <sub>1,0 m</sub>		T <sub>1,5 m</sub>		T <sub>2,0 m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
28/03	11	17,2	31,2	17,2	31,2	17,6	30,9	17,6	30,5	17,8	30,9
29/03	12	18,8	30,1	18,8	29,3	18,7	28,4	18,7	28,4	18,7	29,3
02/04	16	20,2	23,7	19,9	23,9	20,2	23,9	20,2	23,9	20,4	23,9
05/04	19	20,9	31,2	20,6	32,0	20,6	31,6	20,4	31,2	20,4	31,2
08/04	22	19,2	26,0	19,0	26,3	19,0	26,0	18,8	25,7	19,0	25,7
10/04	24	18,1	25,7	18,1	26,3	18,3	25,7	18,1	25,4	18,1	25,4
11/04	25	17,6	24,8	17,4	25,7	17,6	24,8	17,4	24,2	17,4	24,5
22/04	36	18,3	31,2	18,7*	32,4	18,3*	32,0	17,6	31,6	17,8	31,6
02/05	46	11,9	26,0	12,0*	26,0	12,2*	25,1	11,1	24,2	11,4	24,2
07/05	51	16,1	17,6	16,7*	18,1	16,3*	17,8	14,7	16,5	14,9	16,5
09/05	53	14,5	25,4	15,2*	26,0	15,2*	25,1	13,3	23,7	13,6	23,9
22/05	66	13,7	23,4	14,2*	24,2	13,8*	23,0	12,3	21,8	12,5	22,3
$\bar{X}$ dos 12 dias		17,2	26,4	17,3*	26,8	17,3*	26,2	16,7	25,6	16,8	25,8
$\bar{X}$ dos 1 <sup>os</sup> 8 dias		18,8	28,0	18,7	28,4	18,8	27,9	18,6	27,6	18,7	27,8
$\bar{X}$ 46,51,53 e 66DAE		14,1	23,1	14,5*	23,6	14,4*	22,8	12,9	21,6	13,1	21,7
$\bar{X}$ 11-36DAE		18,0	29,2	17,7*	29,9	17,8*	29,2	17,4	28,8	17,6	29,0
$\bar{X}$ 11-81DAE		14,4	25,5	14,6*	25,2	14,7*	24,4	13,4	23,4	13,6	23,5

\*Dados que incluem período em que o acamamento do dossel determinou o deslocamento do topo da inversão térmica noturna para níveis geralmente abaixo de 1,0 m e provavelmente acima de 0,40 m de altura.

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  dos 12 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  dos 1<sup>os</sup> 8 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos primeiros 8 dias analisados, dos 11 DAE aos 36 DAE,  $\bar{X}$  46,51,53,66 DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 46, 51, 53 e 66 DAE,  $\bar{X}$  11-36DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 11 DAE aos 36 DAE,  $\bar{X}$  11-81DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação de todo o período experimental (11 DAE aos 81 DAE).

Ao analisar apenas os valores de temperatura máxima diária medidos nos 5 níveis da torre (Tabela 9), verifica-se que os maiores valores de temperatura máxima geralmente ocorreram a 0,4 m de altura, nível mais próximo do topo do dossel, estando de acordo com Monteith & Unsworth (1990) e Rosenberg (1974). A tendência dos valores mais altos de temperatura máxima ocorrerem a 0,10 m de altura antes dos 16 DAE, quando a estatura e o IAF do dossel eram baixos, confirma que o aquecimento mais acentuado geralmente ocorre no terço superior do dossel.

Na torre as temperaturas máximas não excederam a 32,4°C e as mínimas não foram inferiores a 11,1°C. As temperaturas máximas diárias foram em geral superiores no nível de 1 m de altura e os menores valores de T<sub>máx.</sub> ocorreram a 2,0 m ou 1,5 m de altura (Tabela 9).

Os valores máximos diários de umidade relativa do ar (UR) no meio do dossel foram iguais ou próximos a 100% e a 1 m de altura um pouco menores, porém nunca inferiores a 92,2% (Tabela 8). Nos momentos de saturação do ar e concomitante continuidade do

resfriamento noturno, observaram-se alguns valores de UR até no máximo 2% acima de 100%, o que é um erro de medição. Embora todos os sensores tenham sido calibrados conjuntamente em um reservatório com água em agitação contínua antes da sua instalação no campo, em primeiro lugar o erro pode ser instrumental, uma vez que a resolução dos sensores Pt-100 no sistema de aquisição de dados era de  $0,15^{\circ}\text{C}$ . Também é provável que, em períodos de rápido resfriamento, uma maior inércia de resfriamento dos termômetros úmidos em relação aos secos, em função do calor específico da água e ao seu volume adsorvido na porção do cadarço que envolvia o respectivo sensor. Esse volume foi medido, sendo da ordem de 4 a 4,4 ml, o que teoricamente representaria a necessidade de dissipar 4,0 a 4,4 cal a mais no sensor úmido para, a cada decréscimo de  $1,0^{\circ}\text{C}$ , manter a mesma taxa de resfriamento nos dois termômetros do psicrômetro. Assim, para taxas de decréscimo de temperatura de  $0,5^{\circ}\text{C}$ , freqüentemente medidas em períodos de 10 minutos, os termômetros úmidos deveriam dissipar 2,0 a 2,2 cal a mais do que os termômetros secos.

Considerando que dificilmente se consegue medir a umidade relativa do ar com precisão melhor do que 2% e considerando as possíveis causas já discutidas, nos períodos de resfriamento os valores maiores do que 100% foram sistematicamente corrigidos para 100%. Na discussão conduzida no item 4.6.1, sobre as médias do período noturno das 21 h às 4 h, verificou-se que a UR máxima em várias noites foi alcançada antes da ocorrência da temperatura mínima do ar, condição típica de formação de nevoeiro e de orvalho abundante.

A UR mínima diária observada nos 12 dias analisados com mais detalhes ao longo do ciclo variou entre 71,9% e 99,8% no meio do dossel. A 1 m de altura ela variou de 56,7% a 99,7%, sendo os maiores valores de UR mínima diária registrados em períodos com chuva, quando o ar se aproximava do ponto de saturação. As diferenças de UR entre os dois níveis foram maiores no momento da UR mínima do dia, alcançando 30% nas repetições (22/04/04), com menor valor a 1 m de altura (Tabela 8).

O menor valor de UR registrada no perfil junto à torre ocorreu no dia 28/03/04 em todos os níveis. No nível a 0,40 m foi observada a menor UR mínima do perfil nesse dia (77,8%). O maior valor de UR mínima diária do ar foi registrada no dia 07/05/04, com valores de 98 a 100%, nos níveis 0,10 m e 1 m de altura, respectivamente. A UR mínima foi maior a 0,10 m de altura em todos os dias analisados, com exceção do dia 07/05/04 (Tabela 10). A UR máxima diária, medida nos 5 níveis da torre, foi sempre maior do que 97,5%.

No outono de 2004, os valores de temperatura do ponto de orvalho ( $T_d$ ) nos momentos de ocorrência das temperaturas máxima e mínima diárias, geralmente foram maiores no meio do dossel (Tabelas 11 e 12). No momento da temperatura máxima, os gradientes mais

acentuados entre 2,0 m e 0,10 m ( $T_{d,2,0}-T_{d,0,10}$ ) e entre 1 m e 0,15 m ( $T_{1,0}-T_{0,15}$ ) de altura, ocorreram em dias límpidos e com baixa velocidade do vento (24 DAE, 46 DAE e 53 DAE). Inversões no perfil de Td na hora das temperaturas máximas só ocorreram em alguns dias de chuva (36 DAE e 51 DAE), enquanto os gradientes pequenos, porém esperados, foram observados sob condição de céu nublado, sem ou com alguma precipitação (16 DAE e 25 DAE).

No momento da temperatura mínima do ar, considerando apenas os níveis de 0,10 m, 0,15 m (nas repetições), 0,40 m e 1 m de altura, os menores valores de Td foram registrados a 0,40 m até os 36 DAE, quando ocorreu o acamamento das plantas, e após sempre a 0,10 m ou 0,15 m de altura. Os maiores valores ocorreram a 0,10 m ou 0,15 m antes do acamamento e a 1 m após o acamamento das plantas. Portanto, o menor valor de Td dentro do dossel, na hora da temperatura mínima, ocorreu onde, em geral, a temperatura do ar alcançou o menor valor em relação aos demais níveis.

**Tabela 10** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) de umidade relativa (UR em %) em cinco níveis de medida em uma torre (0,10 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, 2004.

Data	DAE	UR <sub>0,10m</sub>		UR <sub>0,40m</sub>		UR <sub>1,0m</sub>		UR <sub>1,5m</sub>		UR <sub>2,0m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
28/03	11	84,7	100,0	78,9	99,3	80,4	100,0	79,9	100,0	79,7	100,0
29/03	12	89,6	99,7	86,5	99,1	89,4	99,4	87,3	99,4	85,2	99,4
02/04	16	95,2	99,1	92,0	98,8	93,2	98,6	92,0	98,6	92,6	98,0
05/04	19	91,3	99,2	87,4	98,9	85,7	99,4	84,7	99,4	86,5	99,4
08/04	22	95,3	100,0	92,8	99,4	91,5	100,0	90,1	100,0	90,8	100,0
10/04	24	91,7	99,0	86,9	97,7	85,4	97,7	83,6	97,7	85,5	97,0
11/04	25	96,3	99,3	92,8	98,6	92,4	98,7	91,8	98,7	91,7	98,3
22/04	36	92,0	99,4	85,8	98,1	87,4	100,0	84,8	100,0	83,8	99,3
02/05	46	91,5	99,5	88,7	99,5	88,8	100,0	87,1	100,0	87,8	100,0
07/05	51	98,0	98,9	98,4	98,6	100,0	100,0	99,3	100,0	99,3	100,0
09/05	53	93,0	96,6	88,7	98,0	91,7	100,0	87,8	100,0	88,6	100,0
22/05	66	91,1	97,4	87,1	97,5	88,0	100,0	85,4	100,0	85,4	98,6
$\bar{X}$ dos 12 dias		92,5	99,0	88,9	98,6	89,5	99,8	87,8	99,8	88,1	99,2
$\bar{X}$ dos 1 <sup>os</sup> 8 dias		92,0	99,5	87,9	98,7	88,2	99,2	86,8	99,2	87,0	98,9
$\bar{X}$ 46,51,53 e 66DAE		93,4	98,1	90,7	98,4	92,2	101,0	89,9	101,0	90,3	99,9
$\bar{X}$ 11-36DAE		92,0	99,4	87,2	99,1	87,3	99,5	85,2	99,2	85,7	92,5
$\bar{X}$ 11-81DAE		92,0	98,0	88,0	98,4	89,3	100,0	86,6	99,7	86,6	98,5

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  dos 12 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  dos 1<sup>os</sup> 8 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos primeiros 8 dias analisados, dos 11 DAE aos 36 DAE,  $\bar{X}$  46,51,53,66 DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 46, 51, 53 e 66 DAE,  $\bar{X}$  11-36DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 11 DAE aos 36 DAE,  $\bar{X}$  11-81DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação de todo o período experimental (11 DAE aos 81 DAE).

**Tabela 11:** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx) de temperatura do ponto de orvalho (Td em °C) e umidade relativa (UR em %) do ar, medidos em três repetições, no meio do dossel (meio) de uma cultura da batata, cultivar Macaca, e a 1 m de altura ( 1m), Silveira Martins, RS, primavera de 2004.

Data	DAE	Td <sub>meio</sub>		Td <sub>1m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.
28/03	11	16,8	24,2	-	-
29/03	12	18,3	24,7	-	-
02/04	16	19,5	21,2	19,2	19,5
05/04	19	19,9	26,8	19,7	22,2
08/04	22	18,9	23,5	18,4	21,0
10/04	24	17,3	22,1	16,7	17,6
11/04	25	16,9	23,0	16,5	20,5
22/04	36	17,5	26,5	17,6	21,8
02/05	46	11,1	21,8	11,3	18,2
07/05	51	14,8	16,1	15,3	16,6
09/05	53	13,1	22,0	14,2	19,2
22/05	66	12,2	19,5	12,7	15,9
$\bar{X}$ 12 dias		16,4	22,6	16,2	19,2

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  12 dias: Valor médio de Td dos 12 dias analisados

**Tabela 12:** Valores mínimos (Min.) e máximos (Máx) de temperatura do ponto de orvalho (Td em °C) em cinco níveis de medida em uma torre (0,10 m, 0,40 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) na cultura da batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, 2004.

Data	DAE	Td <sub>0,10m</sub>		Td <sub>0,40m</sub>		Td <sub>1,0m</sub>		Td <sub>1,5m</sub>		Td <sub>2,0m</sub>	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
28/03	11	17,2	21,5	16,9	18,7	17,6	19,1	17,6	18,7	17,5	18,8
29/03	12	18,6	23,3	18,3	21,0	18,4	21,9	18,4	20,8	18,1	20,4
02/04	16	19,8	21,0	19,3	19,5	19,5	20,2	19,2	19,5	19,4	19,9
05/04	19	20,5	25,1	20,0	23,4	20,3	22,2	20,1	21,5	19,7	22,4
08/04	22	19,2	23,1	18,7	21,9	19,0	21,0	18,8	20,1	18,7	20,4
10/04	24	17,6	20,9	17,0	19,0	17,2	17,9	16,7	16,8	16,7	17,7
11/04	25	17,3	22,6	16,8	21,5	17,0	20,5	16,6	19,7	16,6	19,9
22/04	36	18,0	25,5	17,8	22,8	18,3	23,4	17,3	21,8	17,2	21,3
02/05	46	11,7	21,0	11,8	19,7	12,4	19,0	11,3	17,5	10,9	17,8
07/05	51	15,6	16,7	16,1	17,3	16,9	17,9	14,7	16,2	14,2	16,2
09/05	53	13,2	21,3	14,4	19,7	16,1	20,4	13,5	17,4	13,6	18,0
22/05	66	12,7	18,7	13,2	17,5	13,8	17,0	11,8	14,9	11,5	15,3
$\bar{X}$ 12 dias		16,8	21,7	16,7	20,2	17,2	20,0	16,3	18,7	16,2	19,0
$\bar{X}$ dos 1 <sup>os</sup> 8 dias		17,7	23,9	17,3	21,8	17,6	21,4	17,1	20,0	16,9	20,4
$\bar{X}$ 46,51,53 e 66DAE		13,7	20,0	14,0	18,6	14,8	18,5	13,3	16,5	13,1	16,7

DAE: Dias após a emergência,  $\bar{X}$  dos 12 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 12 dias analisados,  $\bar{X}$  dos 1<sup>os</sup> 8 dias: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos primeiros 8 dias analisados, dos 11 DAE aos 36 DAE,  $\bar{X}$  46,51,53,66 DAE: Valores médios de temperatura, umidade do ar e saldo de radiação dos 46, 51, 53 e 66 DAE.

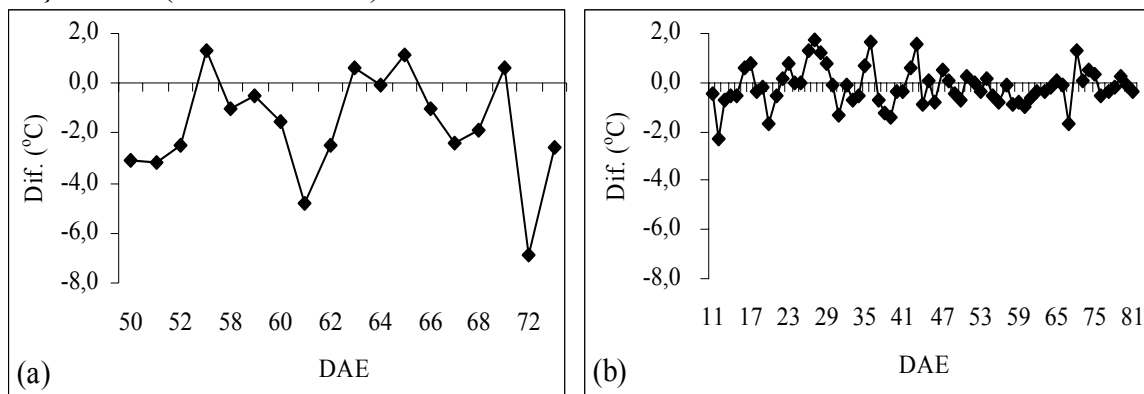


## 4.7 Temperaturas máximas e mínimas em todo o período experimental

### 4.7.1 Temperaturas máximas

As diferenças de temperatura máxima, ocorridos nos dois períodos experimentais, primavera de 2003 ( $T_{2,2}-T_{0,15}$ ) e outono de 2004 ( $T_{2,0}-T_{0,15}$ ), são visualizados na Figura 12. Verifica-se que, nos dois períodos, geralmente os valores de temperatura máxima foram menores no nível mais elevado, ou seja, a 2,2 m em 2003 e 2,0 m em 2004. A diferença média entre os níveis de 2,2 m e 0,15 m em 2003 foi de  $-1,7^{\circ}\text{C}$  (Figura 12a) e entre 2,0 m e 0,10 m no outono de 2004 perfaz  $-0,2^{\circ}\text{C}$  (Figura 12b).

Os valores extremos das diferenças de temperatura foi de  $-6,9^{\circ}\text{C}$  aos 72 DAE, em 2003 (Figura 12a), enquanto que em 2004 foi de  $-2,3^{\circ}\text{C}$  aos 12 DAE (Figura 12b). As prováveis causas do acentuado gradiente aos 72 DAE (01/12/03) foram a ocorrência de baixa velocidade de vento ( $U_2 < 1,5 \text{ m s}^{-1}$ ) e a alta disponibilidade de radiação solar ( $23,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), e aos 12 DAE em 2004, foram a condição de ventos calmos ( $U_2 < 0,2 \text{ m s}^{-1}$ ) e alta disponibilidade de radiação solar ( $15 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ).



**Figura 12.** Diferenças (Dif) das temperaturas máximas entre 2,2 m e 0,15 m e entre 2,0 m e 0,10 m de altura, após a data de emergência (DAE), na cultura da batata, cultivar Macaca, na primavera de 2003 (a) e no outono de 2004 (b), Silveira Martins, RS, 2003 e Santa Maria, RS, 2004.

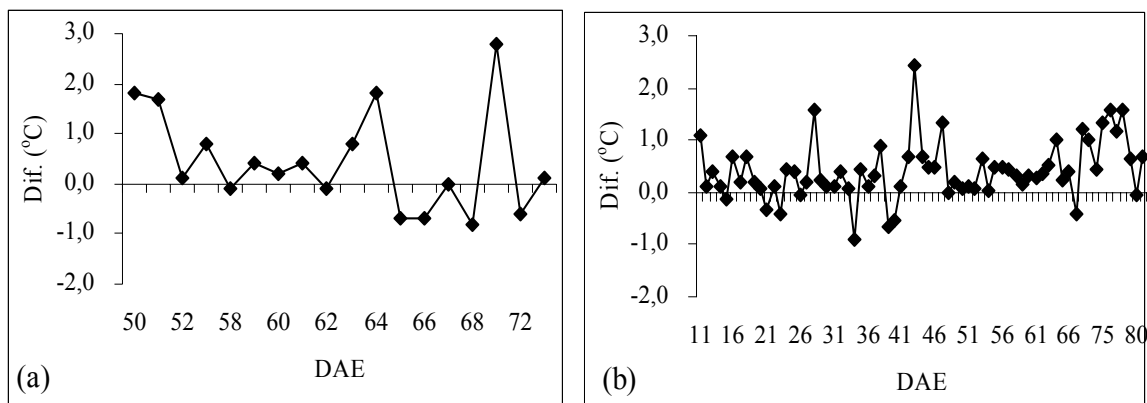
Nos dias mais quentes do período experimental, geralmente consequência da ocorrência de “Vento Norte”, que é quente e seco, ou nos dias com céu encoberto durante todo o dia e freqüentes pancadas de chuva, observa-se que os valores de temperatura no nível mais elevado da torre (2,2 m ou 2,0 m) tendem a ser maiores (Figuras 12a e 12b), sendo as causas para tal comportamento já discutidas anteriormente (item 4.6). Na primavera de 2003 ocorreram valores mais altos de temperatura acima do dossel durante alguns dos dias ao longo do período de medições, iniciando aos 53 DAE (12/11/2003), enquanto que no outono de 2004 os valores positivos de diferença de temperatura entre os dois níveis ( $T_{2,0} - T_{0,10}$ ) foram constatados principalmente até os 43 DAE (29/04/04), confirmando que é nos dias em que as

temperaturas são mais elevadas no ciclo de cultivo nas duas épocas de plantio, que existe maior possibilidade de ocorrer inversão térmica durante o dia. Essa é a condição micrometeorológica típica em que o saldo de radiação tende a ser menor do que o fluxo de calor latente, devido ao fluxo de calor sensível do ar quente e seco para o dossel com boa disponibilidade hídrica, principalmente na parte do dossel abrigada da radiação solar direta.

#### 4.7.2 Temperaturas mínimas

As temperaturas mínimas geralmente foram maiores no nível mais elevado nos dois períodos (primavera e outono) (Figura 13). A diferença média entre os níveis ( $T_{2,2-0,15}$  ou  $T_{2,0-0,15}$ ) foi de  $0,4^{\circ}\text{C}$  para os dois experimentos. Em 2003 ocorreram valores máximos de diferença de  $2,8^{\circ}\text{C}$  aos 70 DAE (Figura 13a), no qual a velocidade média do vento foi moderada ( $U_2=1,8 \text{ m s}^{-1}$ ). Em 2004 a maior diferença foi de  $2,4^{\circ}\text{C}$  aos 43 DAE (Figura 13b), em que o saldo de radiação foi bastante negativo ( $-24,4 \text{ W m}^{-2}$ ), condição favorável para o rápido resfriamento da superfície.

Observa-se que ocorreram alguns valores maiores de temperatura no nível inferior ao dossel nos dois períodos, primavera de 2003 e outono de 2004. Esses valores foram observados em dias em que ocorreu precipitação e/ou alta umidade do ar, ou possivelmente quando da formação de nevoeiro, em que o gradiente do perfil tende a ficar nulo e ou, com maior temperatura junto ao solo, que armazenou o calor durante o dia (Figura 13a e 13b).

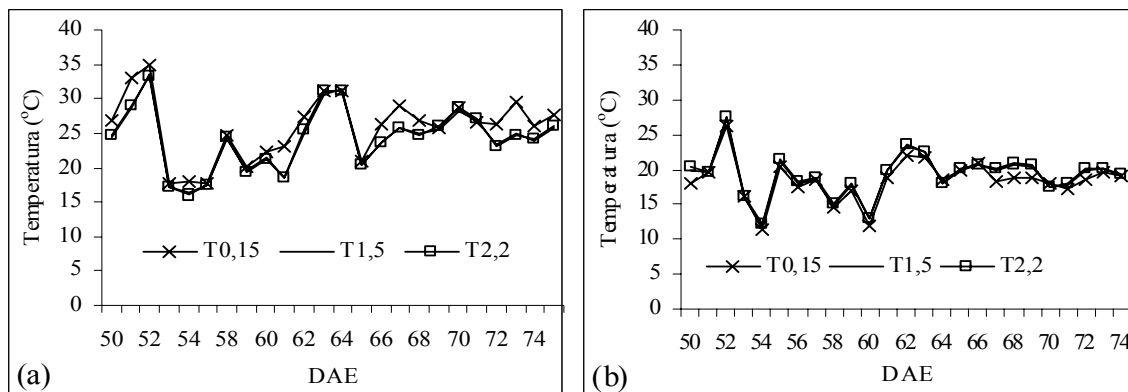


**Figura 13.** Diferenças (Dif) das temperaturas mínimas entre 2,2 m e 0,15 m e entre 2,0 m e 0,15 m de altura, após a data de emergência (DAE), na cultura da batata, cv. Macaca, na primavera de 2003 (a) e no outono de 2004 (b). Silveira Martins, RS, 2003 e Santa Maria, RS, 2004.

## 4.8 Temperatura média do ar nos períodos mais quentes e de maior resfriamento do dia

### 4.8.1 Primavera de 2003.

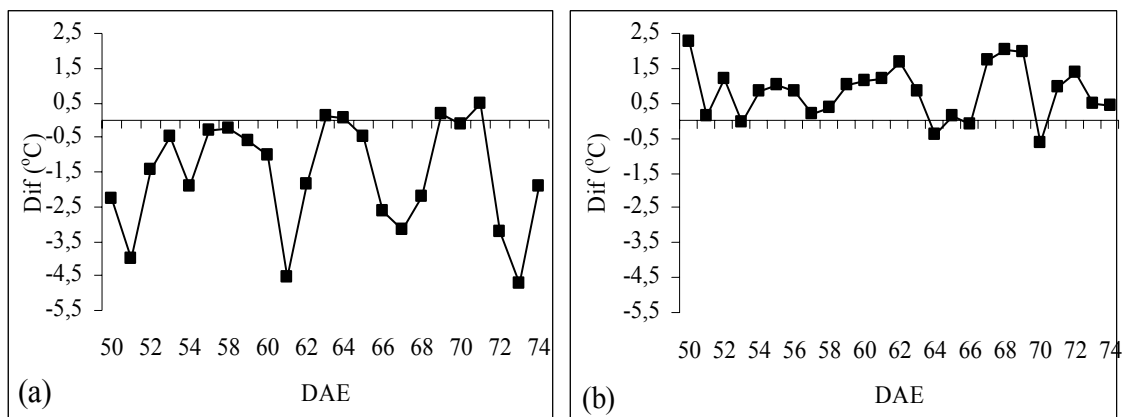
A temperatura média do ar no período diurno, entre 11 h e 17 h, em um dossel de plantas de batata na primavera de 2003 foi maior no nível a 0,15 m de altura em relação aos níveis a 1,5 m e 2,2 m de altura (Figura 14a) e no período noturno verifica-se que esta foi menor a 0,15 m de altura e maiores a 1,5 m e 2,2 m de altura, praticamente durante todo o período experimental (Figura 14b).



**Figura 14.** Temperatura média do dia (°C) diurno no horário das 11 h às 17 h (a) e noturna no horário das 21 h às 04 h (b) medida em três níveis (0,15 m; 1,5 m e 2,2 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

Com relação aos gradientes de temperatura média, verifica-se que no período diurno, esses são maiores (Figura 15a) do que no período noturno (Figura 15b). As diferenças médias ( $T_{2,2}-T_{0,15}$ ) no período experimental foram de  $-1,72^{\circ}\text{C}$  no período diurno e de  $+0,82^{\circ}\text{C}$  no período noturno, sendo que os maiores valores observados foram de  $-4,74^{\circ}\text{C}$  no período diurno, aos 73 DAE (alta insolação, sem chuva e  $U_2=1,2\text{ m s}^{-1}$ ) e de  $+2,25^{\circ}\text{C}$  no período noturno, aos 50 DAE (sem chuva e sem vento), respectivamente.

No período noturno (Figura 15b) verifica-se que a maioria dos valores de temperatura registrados no nível a 0,15 m foram inferiores aos registrados ao nível de 2,2 m de altura, mostrando predominância de inversão térmica no período noturno. Esse comportamento difere daquele observado no período de outono de 2004 (Figura 18b), em que predominou a condição de gradiente normal, isto é, a temperatura no nível abaixo da cultura (0,10 m) foi superior àquela registrada acima da cultura (2,2 m).



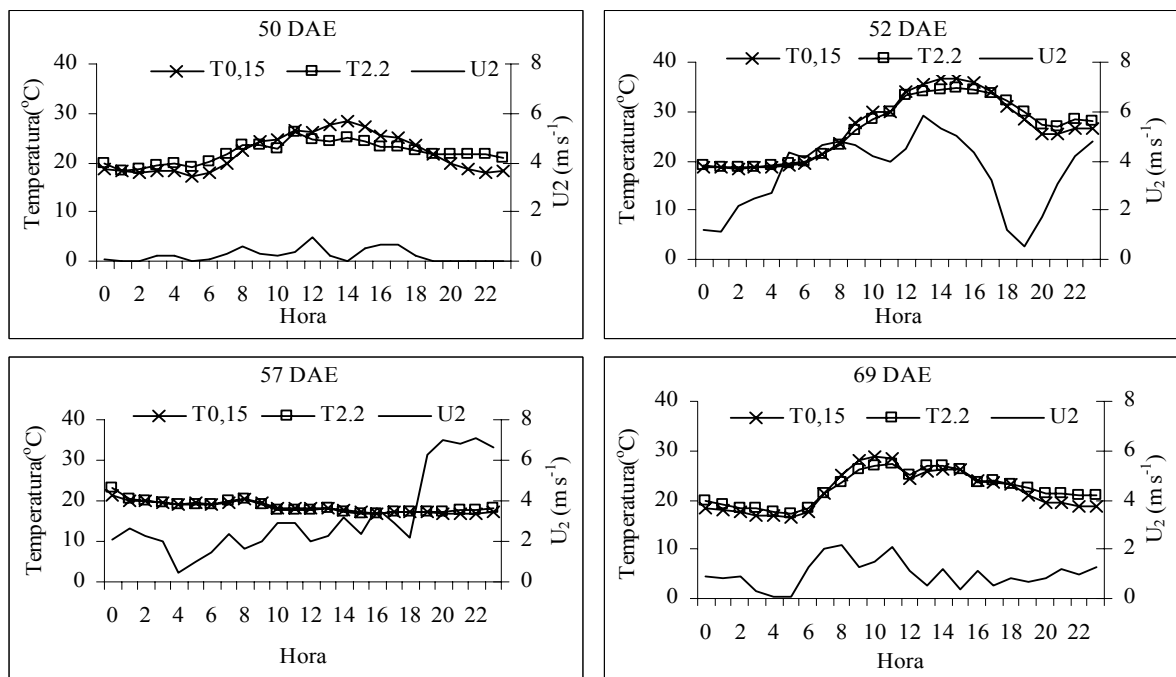
**Figura 15.** Diferença (Dif) de temperatura média (°C) diurna das 11 h às 17 h (a) e noturna no horário das 21 h às 04 h (b), entre os níveis de 2,2 m e 0,15 m de altura, após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

Várias são as possíveis causas dessas diferenças entre anos. No outono de 2004 os sensores mais baixos foram instalados a 0,10 m e na primavera de 2003 a 0,15 m. A menor distância dos miniabrigos até o solo em 2004, provavelmente proporcionou uma melhor proteção da superfície do solo contra seu resfriamento por radiação de onda longa. Isso é confirmado pelo fato de que entre 0,4 m e 0,10 m de altura, antes do acamamento (36 DAE) a temperatura geralmente foi mais baixa a 0,4 m e após os 36 DAE as diferenças  $T_{0,40}-T_{0,10}$  bem como  $T_{1,0}-T_{0,10}$  foram sempre positivas, indicando que também o nível de maior resfriamento foi deslocado para próximo da superfície do solo (Anexo B). Mesmo assim as diferenças negativas  $T_{2,0}-T_{0,10}$  continuaram e até se tornaram mais acentuadas após o acamamento, indicando que acima do topo da inversão predominava um fluxo de ar mais frio, que, provavelmente se intensificou na medida que se aproximava o final do outono.

Considerando a influência da topografia nos dois locais, não foi possível estabelecer uma explicação clara para esse comportamento em 2004. Apenas constatou-se que na primavera de 2003 as fileiras das plantas estavam alinhadas no sentido oblíquo às curvas de nível. Essa prática, realizada pelo produtor onde foi instalado o experimento, propiciou uma condição de declive de aproximadamente 3,0% a 3,5% ao longo de 70 m da pendente à montante da área de medição. Isso facilitou a drenagem de ar frio na direção do local de medida, mantendo um fluxo contínuo de ar, o que atenuou a variabilidade espacial local e pode ter contribuído para desenvolver uma camada de inversão mais espessa em noites de ventos calmos do que em 2004. Já no outono de 2004, o experimento foi realizado em um terreno plano, cujas bordas apresentavam declividade de aproximadamente 1,0% a 1,5% para os quadrantes N e ESE, favorecendo a drenagem do ar frio e minimizando a inversão térmica

na área do experimento. A verificação de que o topo da inversão térmica (temperatura média mais alta entre 21 h e 4 h) em 2003 geralmente estava a 1,0 m ou 1,5 m de altura e em 2004 situou-se a 1,0 m ou 0,40 m induz a reflexão de que essa poderia ser uma das causas. Além dessas considerações, esperava-se um pequeno efeito da maior altitude do local em Silveira Martins ( $\cong 530$  m) em relação a Santa Maria (95 m), devido a menor contra-radiação da atmosfera em noites de céu límpido em áreas de maior altitude, em razão da menor concentração de moléculas no ar, vapor d'água, dióxido de carbono e outras moléculas ou partículas absorvedoras de radiação de onda longa (GATES, 1980).

Ao analisar alguns dias específicos do período de primavera (Figura 16), verifica-se que a diferença de temperatura média entre os dois níveis analisados (2,2 m – 0,15 m) foi pequena aos 52 DAE e inexpressiva aos 57 DAE, sendo que nesses dois dias a velocidade do vento foi alta (Figura 16), além do que, aos 57 DAE ocorreu precipitação. Ventos fortes a moderados, associados a um alto grau de nebulosidade (com ou sem precipitação), são condições que geralmente fazem o gradiente vertical de temperatura junto a superfície tender a zero (PANOFSKY, 1977; MONTEITH & UNSWORTH, 1990; HELDWEIN, 1993).



**Figura 16.** Temperatura média diária ( $^{\circ}\text{C}$ ) a 2,2 m e a 0,15 m de altura e velocidade do vento a 2,0 m de altura ( $\text{U}_2 \text{ m s}^{-1}$ ), em um dossel de plantas de cultura da batata, cultivar Macaca, aos 50 dias após emergência (50 DAE) em 10/11, 52 DAE (11/11), 57 DAE (16/11) e 69 DAE (28/11). Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

Aos 50 DAE e 69 DAE as diferenças de temperatura entre os dois níveis ( $T_{2,2} - T_{0,15}$ ) após as 21 h foram mais acentuadas já que a velocidade do vento foi baixa, principalmente

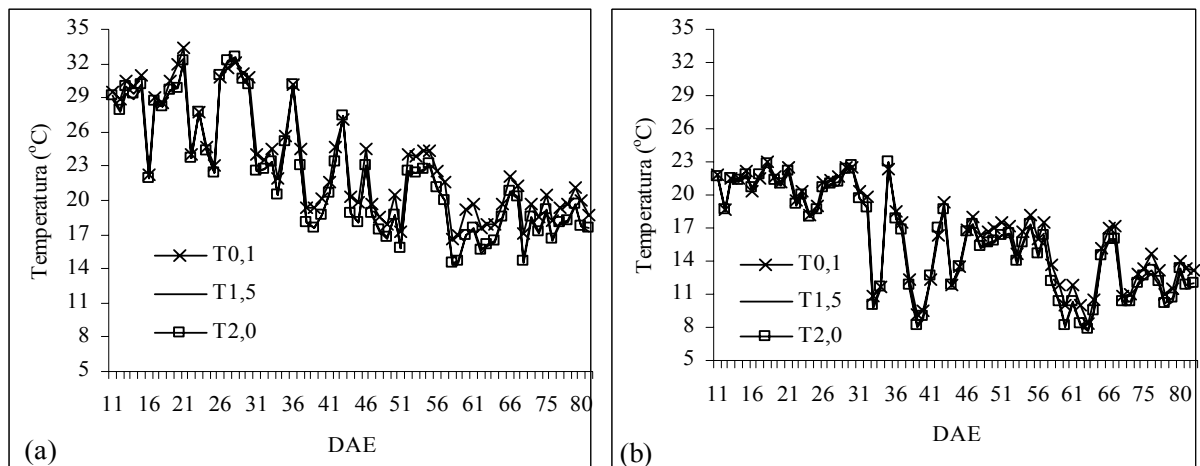
aos 50 DAE, em que ocorreu calma a partir das 21 h. Essa condição, associada à estabilidade térmica e céu límpido, proporcionou a ocorrência de duas dentre as 5 maiores diferenças de temperatura entre os dois níveis, registradas nesse experimento. Os gradientes verticais de temperatura são atenuados pelo incremento do transporte vertical e horizontal das moléculas constituintes do ar (MONTEITH & UNSWORTH, 1990) causado pelo vento (Figura 16) e são intensificados pelo aumento da dimensão positiva, durante o dia, ou negativa, à noite, do saldo de radiação (HELDWEIN, 1993).

#### **4.8.2 Outono de 2004**

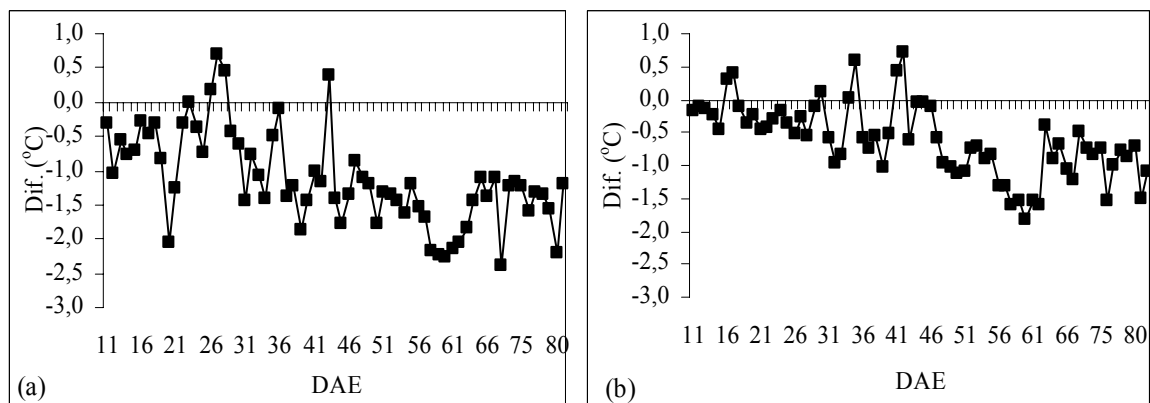
As figuras 17a e 17b ilustram a temperatura média do ar no período diurno e noturno, respectivamente, monitorada em três níveis (2,0 m, 1,5 m e 0,1 m de altura) na cultura da batata ao longo do ciclo de crescimento e desenvolvimento, no outono de 2004. A temperatura média do ar, no período diurno (Figura 17a), entre os níveis a 2,0 m e 1,5 m de altura não apresentou diferença apreciável.

Entretanto, entre os níveis 2,0 m e 0,10 m de altura, na maioria dos dias do ciclo, as médias da temperatura no nível abaixo da cultura (0,10 m) no período diurno foram superiores às medidas acima da cultura (2,0 m e 1,5 m). Apenas aos 26 DAE, 27 DAE, 28 DAE e 43 DAE a média da temperatura do ar nas horas mais quentes do dia foi menor a 0,10 m de altura em relação aos valores medidos acima do cultivo, porém o nível de maior aquecimento permaneceu sendo a 0,40 m, próximo ao topo do dossel. O sombreamento da superfície do solo pelo miniabrigo instalado a apenas 0,10 m do solo, pode ter levado a um menor aquecimento do ar em dias com ventos calmos, como os quatro citados, os quais foram quentes, com ventos calmos e alta disponibilidade de radiação solar.

A diferença de temperatura média entre os níveis extremos da torre (2,0 m e 0,10 m) no período mais quente do dia (11 h às 17 h) de todo período experimental foi de  $-1,12^{\circ}\text{C}$  (Figura 18a). As diferenças foram menores no início do cultivo aumentando no decorrer do ciclo, provavelmente devido à estabilidade térmica mais freqüente na medida em que se aproxima o final do outono.



**Figura 17.** Temperatura média do ar no período mais quente do dia (11 h às 17 h) (a) e de resfriamento noturno no horário das 21 h às 04 h (b), medida em três níveis (0,10 m; 1,5 m e 2,0 m de altura) após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, outono de 2004.



**Figura 18.** Diferença média de temperatura do ar (Dif) entre nos níveis de 2,0<sup>o</sup>m e 0,10 m de altura após a data de emergência (DAE) em um dossel de plantas de batata, cv. Macaca, nas horas mais quentes do dia, entre 11 h e 17 h (a), e durante o período da noite das 21 h às 04 h (b). Santa Maria, RS, outono de 2004.

No período noturno, das 21 h às 4 h, a diferença de temperatura média do ar entre os níveis 2,0 m e 0,10 m de altura foi menor do que no período diurno, sendo que no início do ciclo a diferença entre esses dois níveis foi pequena (Figura 18b). A diferença média nesse período da noite foi de  $-0,62^{\circ}\text{C}$  ao longo do ciclo da cultura (Figura 18b), seguindo a mesma tendência que as diferenças entre as temperaturas mínimas dos dois níveis no mesmo período de outono (Tabela 9).

A maior diferença entre 2,0 m e 0,10 m foi de  $-1,84^{\circ}\text{C}$  (gradiente =  $-0,97^{\circ}\text{C m}^{-1}$ ) aos 60 DAE, período noturno em que ocorreram céu límpido e  $U_2 < 0,2\text{ m s}^{-1}$ , porém desde 0,1 m até 1,0 m de altura ocorreu inversão térmica. Entre os demais níveis também se observou um maior gradiente da temperatura no período diurno e um gradiente menos acentuado à noite,

porém, a inversão em geral foi pouco intensa e/ou de pequena abrangência vertical, alcançando em geral apenas 1,0 m de altura. Isso tende a confirmar a idéia de que a inversão térmica nos dois locais de experimento apresentou abrangência vertical pequena, bem abaixo de 2,0 m de altura, principalmente em Santa Maria, porém ainda assim acima do topo do dossel. No geral esses resultados estão de acordo com Rosenberg (1974), que demonstra que durante o aquecimento de um dossel de plantas de soja os gradientes são normais e acentuados e no período de resfriamento ocorrem gradientes menos acentuados do que nas horas mais quentes e em geral ocorre pequena inversão térmica.

A ocorrência de maior temperatura a 0,10 m do que a 2,0 m na maioria das noites também poderia ser explicada pelo fato do dossel de plantas em sua parte superior proteger parcialmente o ambiente no nível 0,10 m do resfriamento por radiação de onda longa, porém não se verificou uma mudança de sinal do gradiente com a mudança do IAF ao longo do ciclo. Ocorreram sim diferenças de temperatura menos acentuadas do que  $-0,5^{\circ}\text{C}$  até os 25 DAE, período no qual o IAF ainda não era alto, e mais acentuadas entre os 47 e 66 DAE (Figura 18b). Portanto, pode-se inferir que existe efeito do IAF no gradiente de temperatura noturno, porém esta não é a causa da temperatura nos níveis de 2,0 m e 1,5 m geralmente ser menor do que a 0,10 m, ao longo de todo o ciclo.

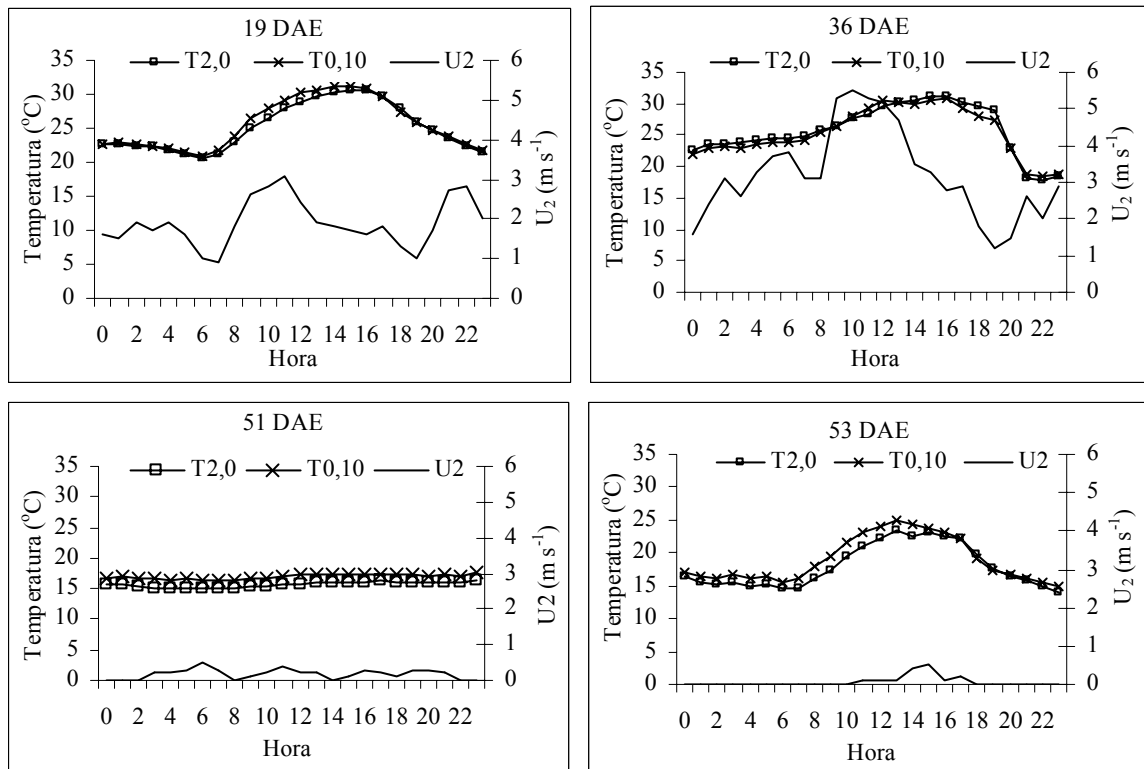
O abrigo dos sensores do psicrômetro a 0,10 m de altura, com superfície projetada sobre o solo de  $920\text{ cm}^2$ , provavelmente auxiliou na proteção do solo contra o resfriamento da sua superfície e ar adjacente pelo processo de radiação, principalmente nas noites de calmaria, em que a advecção horizontal de ar frio das áreas expostas em torno do sensor é mínima. Verifica-se também que aos 16 DAE, 17 DAE, 35 DAE, 41 DAE e 42 DAE ocorreram valores menores de temperatura média no nível de 0,10 m de altura durante o período noturno (Figura 18b). Em todos esses dias ocorreu precipitação, com exceção de 17 DAE, em que apenas o céu se manteve encoberto.

Após os 36 DAE os valores de gradiente médio foram maiores e mais estáveis, tanto no período diurno quanto no período noturno. Isso, possivelmente, também ocorreu devido à aproximação do inverno, quando as temperaturas foram mais amenas e o ar se apresentava mais estável e mais seco, favorecendo o resfriamento noturno e a acentuação da inversão térmica durante a noite.

Na Figura 19 é apresentada uma comparação feita em períodos específicos, como por exemplo, em dias de pouco ou muito vento, sendo a variação da temperatura média do ar medida a 2,0 m e a 0,10 m de altura aos 19 DAE, 36 DAE, 51 DAE e 53 DAE. Observa-se que aos 19 DAE e 36 DAE não ocorreram diferenças significativas entre as temperaturas



medidas nos dois níveis. Isso se deve em razão da ocorrência de velocidade do vento mais elevada e da melhor permeabilidade do dossel ao fluxo de ar no início do ciclo, enquanto os elementos da parte aérea das plantas não fecharam o espaço entre suas fileiras. Esses resultados seguem, portanto, a tendência teórica de que os gradientes verticais de temperatura são atenuados devido ao incremento do transporte vertical e horizontal das moléculas constituintes do ar (MONTEITH & UNSWORTH, 1990).



**Figura 19.** Temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) a 2,0 m ( $T_{2,0}$ ) e a 0,10 m ( $T_{0,10}$ ) de altura e velocidade do vento a 2,0 m de altura ( $U_2 \text{ m s}^{-1}$ ), em um dossel de plantas de cultura da batata, cultivar Macaca, aos 19 dias após emergência (DAE) (05/04), 36 DAE (22/04), 51 DAE (07/05) e 53 DAE (09/05). Santa Maria, RS, outono de 2004.

Aos 51 DAE e 53 DAE observa-se maiores gradientes de temperatura, nos quais a velocidade do vento foi baixa, com média horária de no máximo  $0,6 \text{ m s}^{-1}$ . Aos 51 DAE (07/05), ocorreu precipitação durante todo o dia e as diferenças de temperatura nos dois níveis foram em torno de  $1,27^{\circ}\text{C}$ . Nesse dia esperava-se que as temperaturas nos dois níveis fossem de magnitude similar, já que choveu praticamente todo o dia e os gradientes verticais são menos acentuados nos períodos de alta nebulosidade, não encontrando-se uma explicação para tal comportamento. Aos 53 DAE, a diferença  $T_{2,0}-T_{0,10}$  foi mais acentuada do que aos 51 DAE, pois além da baixa velocidade do vento não ocorreu precipitação e houve boa

disponibilidade de insolação na região. Após a temperatura máxima diária ocorreu um pequeno pico de velocidade do vento, que alcançou média de no máximo  $0,5 \text{ m s}^{-1}$ , mas que foi suficiente para reduzir significativamente a diferença de temperatura entre os dois níveis nesse momento (Figura 19).

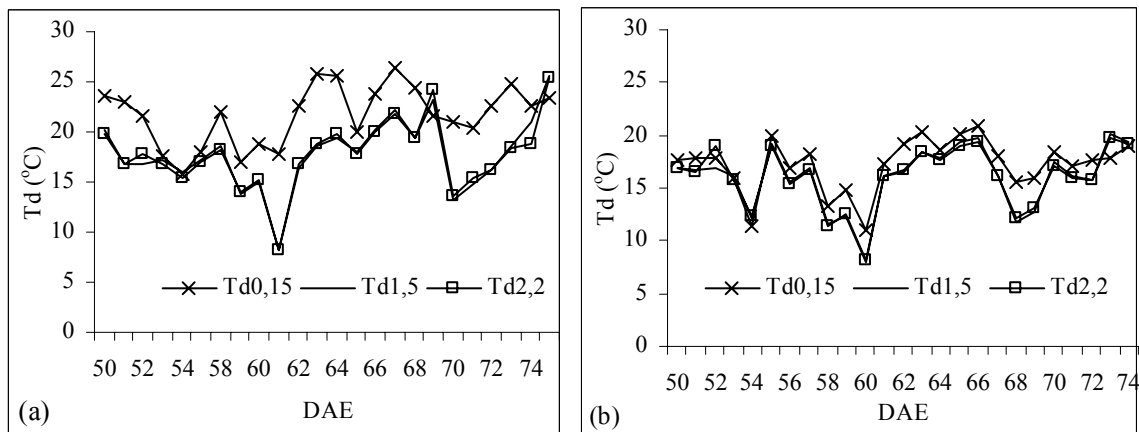
Os maiores gradientes de temperatura média para o período diurno, os quais podem ser verificados na Figura 17a, ocorreram em dias de céu límpido e com baixa velocidade do vento.

## **4.9 Médias de Temperatura do ponto de orvalho (Td)**

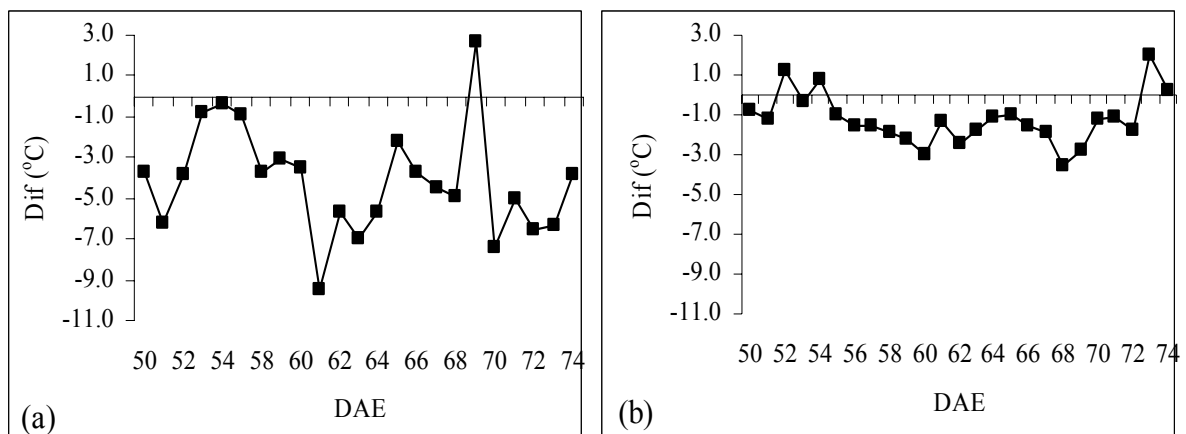
### **4.9.1 Primavera de 2003**

Na primavera de 2003 os valores médios de Td a 0,15 m de altura foram superiores aos valores de Td a 2,2 m no período diurno (Figura 20a), e também na maioria dos períodos noturnos (Figura 20b). Os valores médios de diferença de Td entre esses dois níveis no período diurno e noturno foram de  $-4,2^\circ\text{C}$  e  $-1,2^\circ\text{C}$ , respectivamente. Os valores máximos ocorreram aos 61 DAE no período diurno ( $-9,47^\circ\text{C}$ ) e aos 68 DAE ( $-3,53^\circ\text{C}$ ) no período noturno (Figuras 21a e 21b). A grande diferença no período diurno aos 61 DAE (20/11) foi devido a peculiaridade de que, ainda com solo parcialmente úmido na superfície, após uma noite relativamente fria de céu claro e calmaria, durante o dia iniciou vento “Norte”, o ar foi muito seco (Td a 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m  $< 10^\circ\text{C}$ ) e o céu permaneceu límpido. Já no período noturno, aos 68 DAE (27/11), um dia após chuva, ainda com solo úmido, ocorreu vento calmo a fraco do quadrante norte transportando ar quente e relativamente seco sobre o cultivo (UR $<77\%$ ) durante toda a noite.

As poucas noites em que a média da Td entre 21 h e 4 h a 0,15 m foi menor do que a 2,0 m de altura (52 DAE, 54 DAE e 73 DAE), ou próximas entre si (74 DAE), foram noites com condições meteorológicas peculiares, mas distintas entre si. Aos 52 DAE ocorreu céu límpido e vento “Norte” quente e forte, de forma que a temperatura acima do dossel permaneceu mais elevada do que no meio deste, apesar da forte advecção de calor sensível. Aos 54 DAE os ventos foram calmos e frios, o céu claro, com nevoeiro pela manhã. Aos 73 DAE o céu foi límpido, os ventos foram moderados, quentes e úmidos. Aos 74 DAE o vento foi forte, quente e seco e o céu foi parcialmente nublado. Portanto, além das noites com saldo de radiação muito negativo, com forte resfriamento da superfície exposta da cultura por radiação, que explicam a menor Td dentro do dossel, ocorrem situações em que nem sempre existe uma causa lógica que determine que em meio ao dossel a Td seja menor do que a 2,0 m de altura.



**Figura 20.** Temperatura do ponto de orvalho média ( $^{\circ}\text{C}$ ) no período diurno das 11 h às 17 h (a) e à noite, no horário das 21 h às 04 h (b), medida em três níveis (0,15 m; 1,5 m e 2,2 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.



**Figura 21.** Diferença da temperatura do ponto de orvalho do ar (Dif) nos níveis 2,2 m e 0,15 m de altura, após a data de emergência (DAE), no período diurno (a) e noturno (b) na cultura da batata, cv Macaca. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

#### 4.9.2 Outono de 2004

Ao longo do ciclo da cultura da batata, observou-se que, os valores médios de temperatura do ponto de orvalho ( $T_d$ ) nos níveis de 2,0 m e 1,5 m de altura não apresentaram grandes diferenças entre si, tanto de dia, das 11 h às 17 h (Figura 22a), quanto de noite, das 21 h às 4 h (Figura 22b), seguindo a mesma tendência já discutida para a temperatura média do ar entre esses dois níveis. No entanto, a 0,10 m de altura a  $T_d$  foi maior do que a 2,0 m e 1,5 m de altura, durante todo o período diurno e geralmente no período noturno (Figuras 22 e 23).

No período diurno, a média das diferenças em relação ao nível de 2,0 m foi de  $-3,1^{\circ}\text{C}$ , ocorrendo a diferença máxima de  $-6,4^{\circ}\text{C}$ , aos 34 DAE (Figura 23a). Os gradientes de  $T_d$

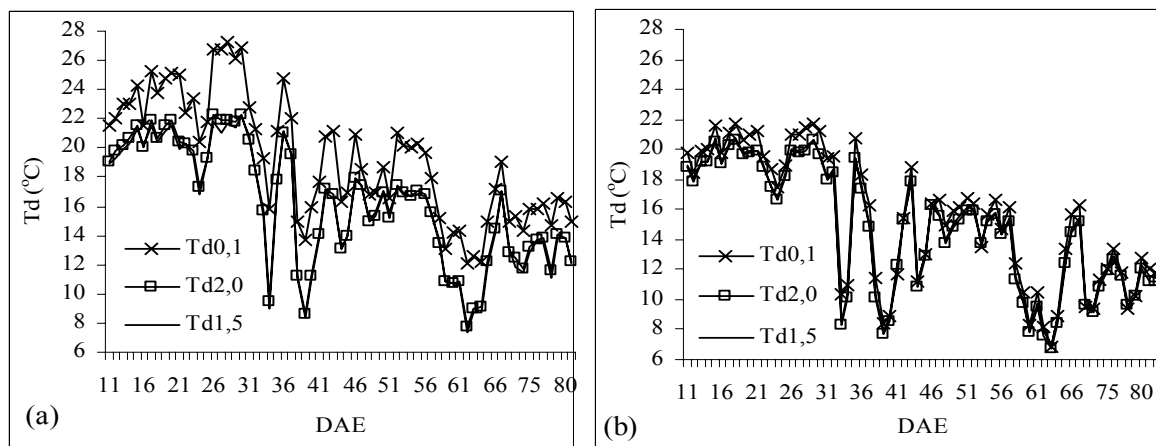
observados no outono de 2004 são menores do que aqueles observados na primavera de 2003, bem como os valores máximos de gradiente para o período diurno.

No período noturno, as diferenças de Td entre os dois níveis extremos da torre foram menores do que no período diurno e em algumas noites foram menores no interior do dossel (Figura 23b). Nas Figuras 22b e 23b, verifica-se que a Td foi mais elevada no nível de 0,10 m de altura no início do ciclo da cultura, tendendo a uma menor diferença entre os dois níveis a partir do acamamento das plantas (36 DAE), no decorrer do restante do ciclo, ocorrendo inclusive inversão em algumas noites. A diferença média da Td foi de  $-0,78^{\circ}\text{C}$  e o maior valor foi observado aos 33 DAE, com  $-1,96^{\circ}\text{C}$  (Figura 23b). Antes do acamamento das plantas a diferença média das 21 h às 4 h, entre os dois níveis, foi de  $-1,0^{\circ}\text{C}$  e após o acamamento diminuiu para  $-0,6^{\circ}\text{C}$ , mostrando que a redução da altura do dossel melhora a remoção do vapor d'água, provavelmente, devido a melhor ventilação. O deslocamento do plano zero do perfil de vento (d) provavelmente ficou mais próximo da superfície.

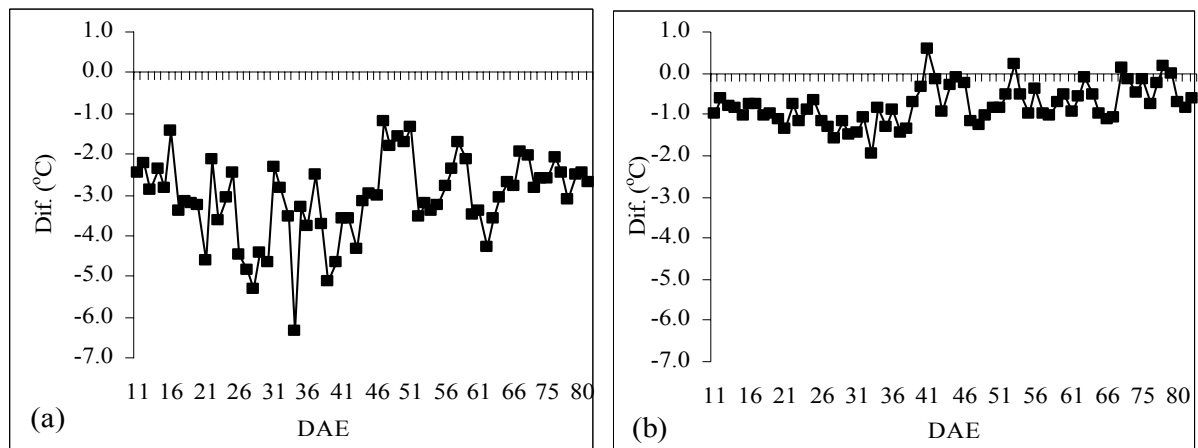
Aos 41 DAE, 53 DAE, 72 DAE e 78 DAE a Td a 0,10 m de altura foi menor do que a 2,0 m de altura. Essas noites se caracterizaram por apresentar ventos calmos e saldo de radiação bastante negativo ( $Q^* < -20 \text{ W m}^{-2}$ ) entre 21 h e 4 h, decorrente da ausência de nebulosidade. A análise conjunta das figuras 22b e 23b permite inferir também que os menores gradientes de Td e as menores diferenças entre os níveis de 0,10 m e 2,0 m, ocorreram a medida que se aproximava do período de outono-inverno, apresentando noites mais frias. Na época do outono as noites mais frias são decorrentes da presença de um anticiclone sobre a região, os quais proporcionam correntes descendentes de ar seco na troposfera, ausência ou pouca nebulosidade e ventos calmos (DE FINA & RAVELLO, 1973; TUBELLIS & NASCIMENTO, 1973; VIANELLO, 1991).

Eventualmente, nessas condições pode também se formar nevoeiro e nesses casos, os gradientes de concentração de vapor, bem como a temperatura do ponto de orvalho na camada de ar saturado, tendem a zero.

Em vários dias analisados constatou-se que os maiores gradientes da Td, no período diurno, ocorreram em dias calmos e límpidos ou com pouca nebulosidade (19 DAE, 24 DAE, 36 DAE e 66 DAE), provavelmente porque o maior aquecimento do ar dentro do dossel, permitiu um maior acúmulo de vapor d'água no ar, o qual ali permaneceu, devido a insuficiente mistura forçada do ar com as camadas externas ao dossel. Nos dias em que ocorreu precipitação e/ou o céu estava nublado gradientes de Td foram menores, tanto para o período diurno quanto para o período noturno.



**Figura 22.** Temperatura do ponto de orvalho média ( $T_d$ ) diurna no horário das 11 h às 17 h (a) e noturna no horário das 21 h às 04 h (b) medida em três níveis (0,10 m; 1,5 m e 2,0 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, outono de 2004.



**Figura 23.** Diferença da temperatura do ponto de orvalho (Dif) entre os níveis de 2,0 m e 0,10 m de altura, após a data de emergência (DAE), no período diurno (a) e no período noturno (b) em uma cultura de batata, cultivar Macaca. Santa Maria, RS, outono de 2004.

#### 4.10. Perfis verticais de temperatura do ar e do ponto de orvalho (2003 e 2004)

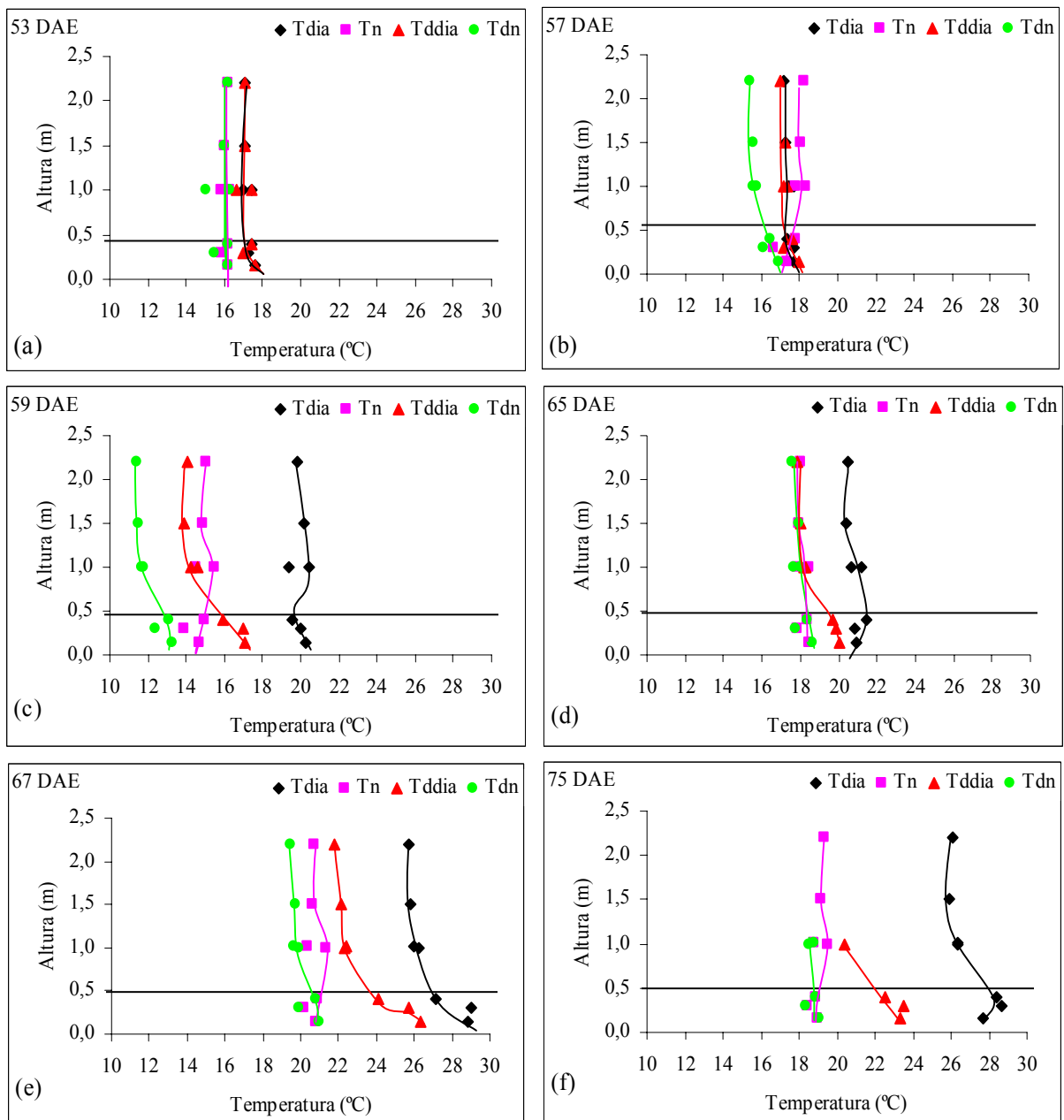
A representação gráfica dos perfis verticais das médias de temperatura do ar ( $T$ ) e da temperatura do ponto de orvalho do ar ( $T_d$ ), no período mais quente (11 h às 17 h) e no período noturno (21 h às 4 h) de alguns dias típicos de ocorrência de chuva (Figura 24 e 26) e de alguns dias sem ocorrência de chuva (Figuras 25 e 27), foi realizada para melhor visualizar sua variação com a altura sob diferentes condições meteorológicas.

Os perfis de temperatura do ar e de temperatura do ponto de orvalho representados nas Figuras 24a e 24b, obtidos aos 53 DAE e 57 DAE em 2003, são típicos de medições realizadas durante a ocorrência de precipitação, sob velocidade do vento moderada a alta

durante todo o período diurno. Verifica-se que T e Td apresentaram pouca variação vertical nessas condições, porque a concentração de vapor d'água no ar foi homogeneizada pelo vento e pela chuva e porque a pequena magnitude do saldo de radiação e da taxa de evaporação minimizaram as trocas de energia do ar com a superfície, o que sob um processo de mistura forçada do ar pela ação da alta velocidade do vento, não permitiu que se desenvolvessem gradientes verticais de temperatura do ar dentro e acima do dossel das plantas de batata. Como no período noturno (n) o céu permaneceu encoberto e o vento continuou com velocidade acima de  $1,0 \text{ m s}^{-1}$  que é o limite de velocidade a 2,0 m de altura que relacionado ao nível das plantas de batata geralmente é suficiente para produzir fluxo de ar turbulento (HELDWEIN, 1993), os perfis verticais de T e Td pouco se alteraram, tanto em valor quanto em gradiente, em relação ao período diurno.

Nestes dois dias (53 DAE e 57 DAE) as temperaturas do ar e do ponto de orvalho apresentaram apenas pequenas diferenças ou igualdade entre si, caracterizando condições de saturação, exceto no período noturno aos 57 DAE, em que ocorreu uma pequena inversão térmica próxima ao topo do dossel de plantas.

Aos 59 DAE e 65 DAE (Figuras 24c e 24d) a temperatura do ar no período diurno (Tdia) apresentou um decréscimo praticamente imperceptível com a altura, devido ao céu permanecer encoberto durante todo o dia e ocorrer vento, mesmo que a precipitação tenha ocorrido apenas no período noturno. Em razão do baixo saldo de radiação durante o dia não houve energia suficiente para o aquecimento das camadas de ar mais próximas da superfície. A temperatura do ponto de orvalho de dia (Tddia) foi decrescente com a altura. Aos 65 DAE, no período noturno, entre 21 h e 4 h, a média da temperatura do ar (Tn) e da temperatura do ponto de orvalho do ar (Tdn) não decresceram ao longo do perfil em decorrência de precipitação ocorrida nesse período.



**Figura 24:** Perfil de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho do ar (Td) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 53 dias após a emergência (DAE), 57 DAE, 59 DAE, 65 DAE, 67 DAE e 75 DAE, no horário das 11 h às 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre, em dias em que ocorreu precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

Aos 67 DAE (Figura 24e), a precipitação ocorrida entre 17h e 23h, associada a cobertura de nuvens, não permitiu um resfriamento significativo da superfície em relação ao ar, de forma que a média da temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho entre 21 h e 4 h mantiveram-se semelhantes entre si ou ligeiramente maiores dentro do dossel em relação aos níveis acima. No período diurno, entre 11 h e 17 h a média da temperatura do ar e

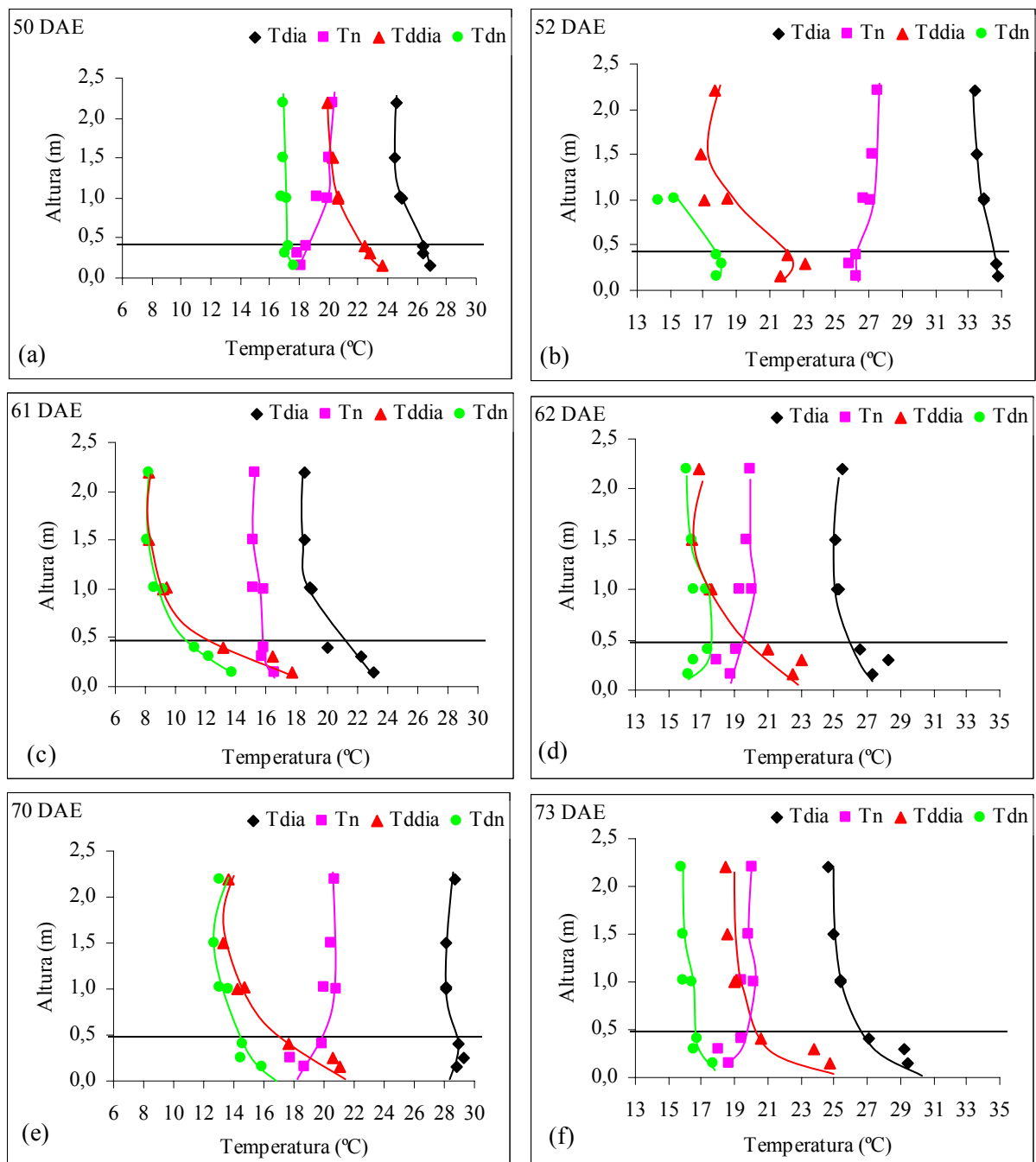
do ponto de orvalho do ar, apresentaram perfis típicos das condições meteorológicas ocorridas, que foram de boa disponibilidade de radiação solar (embora o grau de nebulosidade oscilasse entre 1 e 5 oitavos) e de velocidade de vento moderada ( $U_2$  entre 0,7 e 2,5 m s<sup>-1</sup>), que determinaram a ocorrência de maior T e Td dentro do dossel, principalmente próximo da superfície do solo, devido ao processo de mistura forçada das camadas de ar acima, causado pelo vento.

Aos 75 DAE (Figura 24f) a chuva somente ocorreu a partir das 15:20 h. Antes disso, havia alta disponibilidade de radiação solar e forte aumento de temperatura até as 14:50 h. Mesmo assim, o vento forte homogeneizou a temperatura acima do dossel. Assim, a T<sub>dia</sub> aumentou até a altura das plantas, isto é, foi maior próximo ao topo do dossel, a 0,40 m de altura do solo (T<sub>0,40</sub>) e a partir desse nível decresceu apenas até 1,0 m de altura. Segundo Monteith e Unsworth (1990) a maior temperatura ocorre próximo ao topo do dossel, em razão da maior absorção de energia radiante pelas folhas mais expostas, e apresenta um decréscimo abaixo do topo do dossel devido ao sombreamento progressivo. A T<sub>ddia</sub> foi decrescente com a altura, sendo menor do que os valores de T<sub>dia</sub> nos respectivos níveis de medida, em função do aumento da T<sub>dia</sub> em 6,5°C desde 11 h até 17 h e devido ao forte vento quente e seco. Com a redução da nebulosidade e da velocidade do vento à noite ocorreu inversão térmica entre 21 h e 4 h (T<sub>n</sub>) e devido a maior evaporação após a chuva e ao resfriamento de aproximadamente 8°C entre 15 h e 22 h, o ar praticamente atingiu a saturação dentro do dossel.

Na Figura 25 são apresentados perfis de temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho do ar no período diurno e noturno, em dias sem ocorrência de precipitação na primavera de 2003. Aos 52 DAE e 70 DAE a variação vertical da temperatura do ar foi pequena no período diurno e também no período noturno dos 50 DAE e 52 DAE, devido a ocorrência de nebulosidade e/ou vento forte (52 DAE) ou vento moderado e quente (61 DAE). Nas noites calmas e de céu límpido (50 DAE, 50 DAE, 62 DAE, 70 DAE e 73 DAE) ocorreu inversão térmica.

Nas Figuras 25a, 25c, 25d e 25f a T<sub>dia</sub> decresceu com o aumento da altura. A T<sub>ddia</sub> foi decrescente com a altura nos seis dias analisados, bem como nos períodos noturnos aos 52 DAE, 61 DAE, 70 DAE e 73 DAE.



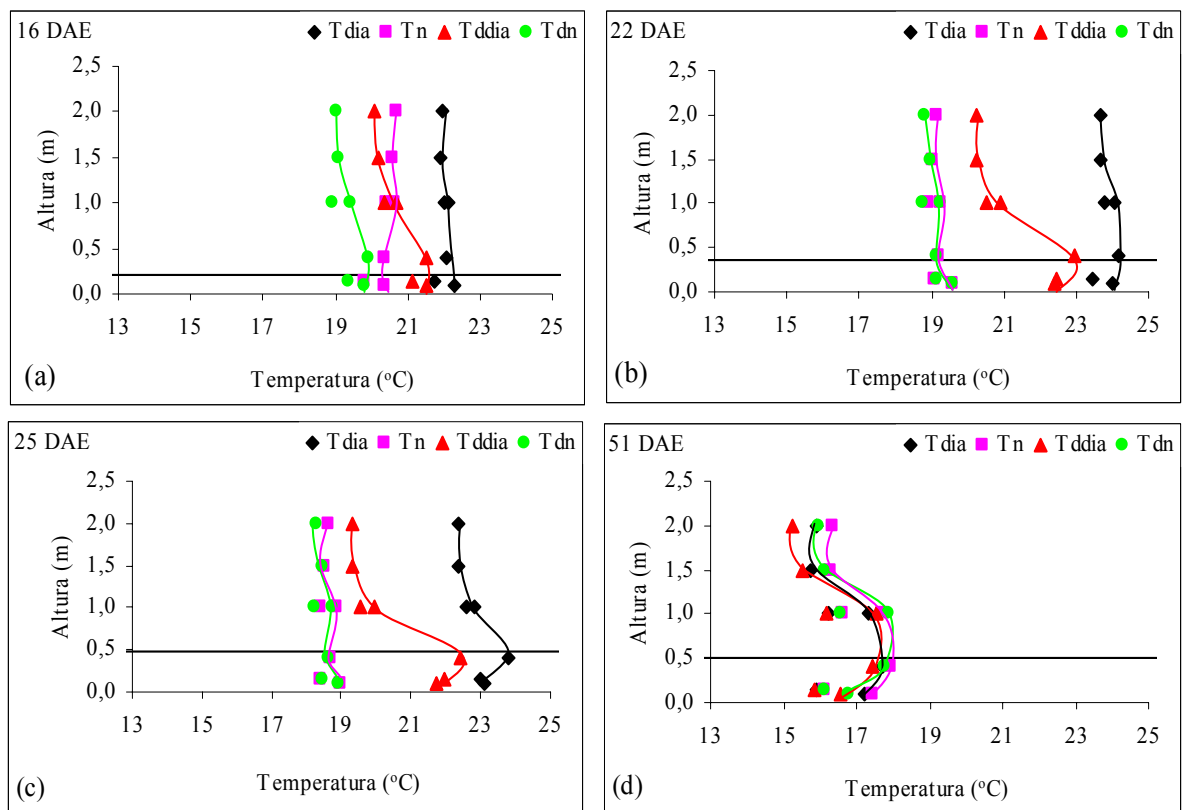


**Figura 25:** Perfil de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho do ar (Td) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 50 dias após a emergência (DAE), 52 DAE, 61 DAE, 62 DAE, 70 DAE e 73 DAE, no horário das 11 h às 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre, em dias em que não ocorreu precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Silveira Martins, RS, primavera de 2003.

Os perfis da temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho nos dias em que ocorreu precipitação no outono de 2004, são apresentados na Figura 26. Aos 22 DAE e 25 DAE (Figuras 26b e 26c) a  $T_{dia}$  e a  $T_n$ , incluindo 25 DAE, foi constante ao longo do perfil. Nos quatro dias, no período diurno, a  $T_{ddia}$  apresentou maior valor no dossel decrescendo com a altura acima desse, o que também ocorreu, porém com um gradiente muito pequeno, no período noturno. O decréscimo de  $T_d$  com a altura durante os períodos diurnos com chuva foi em geral mais acentuado em 2004 do que em 2003. Isso, provavelmente, ocorreu porque em 2004 aos 16 DAE houve chuva fraca, intermitente e com vento calmo e aos 22 DAE choveu só até as 12 h e depois disso o vento e a nebulosidade não permitiram o aquecimento do dossel, mas apenas um decréscimo da  $T_{ddia}$  acima do dossel. Aos 25 DAE, com chuva entre 6 h e 9 h e após 13 h as condições meteorológicas produziram perfis de  $T$  e  $T_d$  similares às do dia 08/04/04 (22 DAE). Aos 51 DAE (Figura 26d) as temperaturas do ar e as temperaturas do ponto de orvalho foram muito próximas entre si, tanto no período diurno quanto no noturno, o que manteve o ar praticamente saturado. Nesse dia choveu durante o dia todo e a temperatura do ar manteve-se amena, entre 16°C e 18°C, sendo a  $T_d$  similar a  $T$  durante o dia e a noite, não se encontrando explicação do porque no topo do dossel a  $T_{dia}$  e a  $T_{ddia}$  foram cerca de 2°C mais alta do que à 1,5 m e 2,0 m de altura.

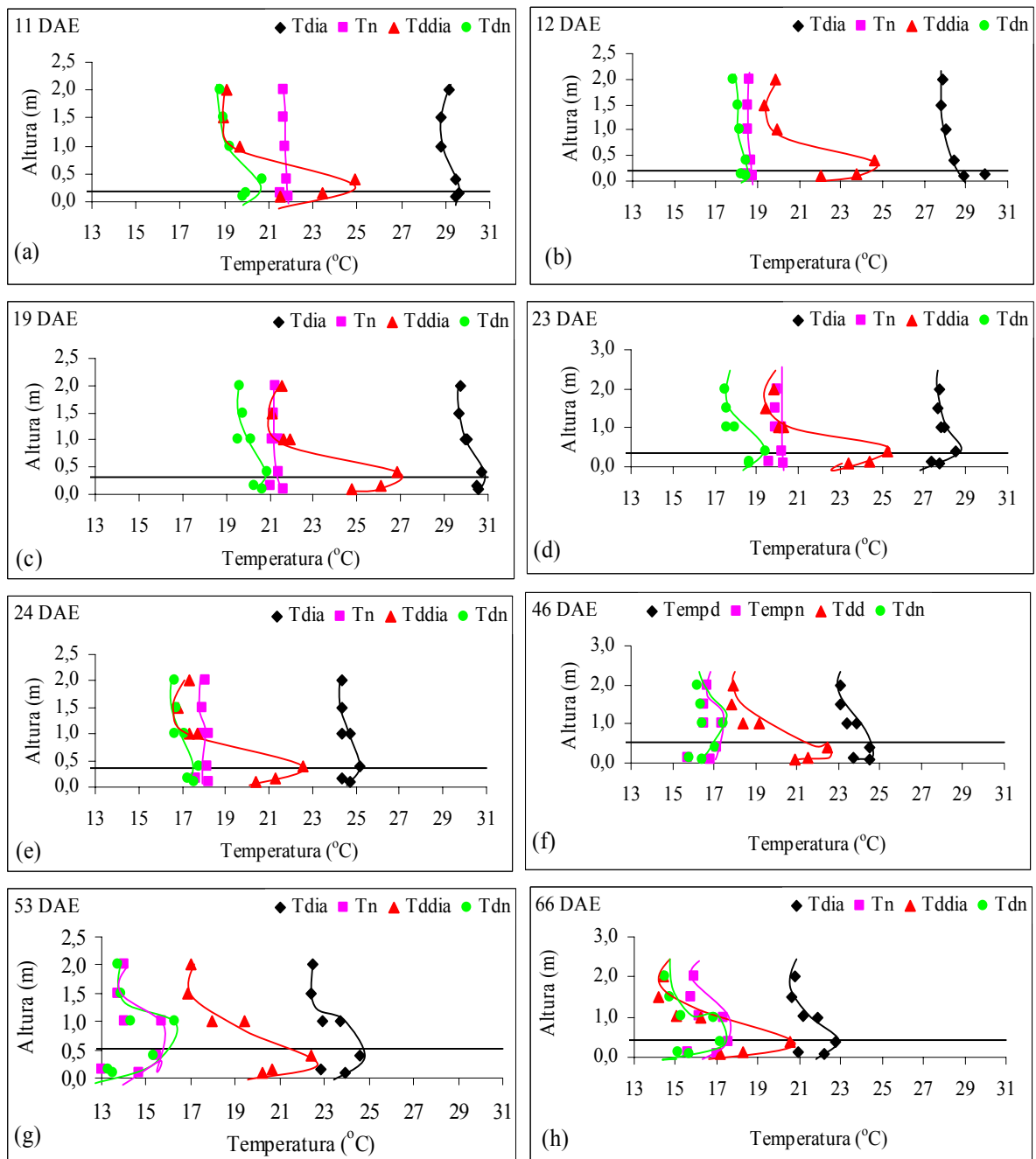
Perfis verticais das médias de temperatura do ar ( $T$ ) e da temperatura do ponto de orvalho do ar ( $T_d$ ), no período mais quente (11 h às 17 h) e no período noturno, das 21 h às 4 h, de seis dias típicos sem chuva no outono de 2004 (Figura 27) permitem visualizar que durante o dia o nível mais quente do perfil foi aquele mais próximo do topo do dossel (0,40 m ou 0,10 m no início do ciclo). Acima do dossel ocorreu decréscimo com o aumento da altura, devido às características do vento “Norte” (seco e quente).

Nos períodos diurnos (11 h às 17 h) a temperatura do ar sempre apresentou maior valor no topo do dossel, sendo as diferenças em relação aos níveis acima menores nos dias com vento forte (23 DAE) ou céu parcialmente nublado (11 DAE e 24 DAE). A temperatura do ponto de orvalho no período diurno sempre apresentou um acentuado gradiente entre os níveis próximos ao topo do dossel e a 1 m de altura (diferença de -4°C a -6°C). Acima de 1,0 m de altura o gradiente de  $T_d$  foi praticamente nulo em dias com vento (12 DAE e 23 DAE). No interior do dossel, a  $T_d$  sempre aumentou com a altura, qualquer que fosse a condição meteorológica.



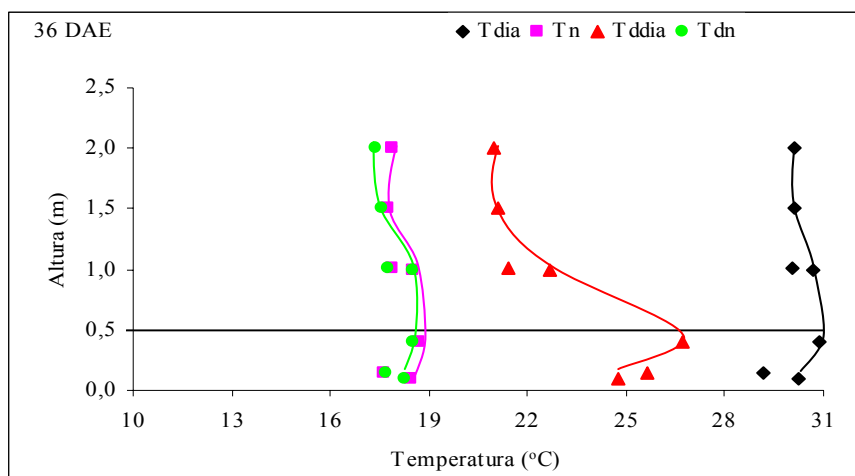
**Figura 26:** Perfil médio de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho do ar (Td) em um cultivo de batata, cv. Macaca, aos 16 dias após a emergência (DAE), 22 DAE, 25 DAE e 51 DAE, nos períodos das 11 h às 17 h (dia) e das 21 h às 04 h (n), medida em dois níveis com três repetições e na torre, em dias com ocorrência de precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Santa Maria, RS, outono de 2004.

Nos períodos noturnos, os gradientes de temperatura do ar foram praticamente nulos nas noites com vento (11 DAE, 12 DAE, 23 DAE e 46 DAE), ou em noites com céu nublado (23 DAE e 46 DAE), ou com nevoeiro (46 DAE). Aos 66 DAE a temperatura foi maior no nível do dossel no período noturno devido ao céu estar encoberto, o que reduziu a magnitude do saldo de radiação e devido à ocorrência de vento frio com velocidade moderada à fraca. No período noturno aos 53 DAE, o gradiente de temperatura teve a mesma tendência do que no período diurno, tal como aos 66 DAE, porém não foi encontrada uma explicação do porquê, uma vez que a condição era de céu claro e vento calmo, embora tenha ocorrido nevoeiro pela manhã. A temperatura do ponto de orvalho (diurna e noturna), em geral, foi um pouco mais elevada no topo (11 DAE, 19 DAE, 23 DAE, 24 DAE e 66 DAE) ou no interior do dossel. Os maiores gradientes de Td foram encontrados nas noites com céu nublado (23 DAE, 46 DAE e 66 DAE).



**Figura 27:** Perfil de temperatura (T) e temperatura do ponto de orvalho (Td) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 11 dias após a emergência (DAE) 12 DAE, 19 DAE, 23 DAE, 24 DAE, 46 DAE, 53 DAE e 66 DAE, no horário das 11 h às 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre, em dias em que não ocorreu precipitação. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Santa Maria, RS, outono de 2004.

Na Figura 28 encontra-se o perfil das temperaturas do ar e do ponto de orvalho nos períodos diurno e noturno de 22/04/04, aos 36 DAE. No período noturno a temperatura do ar ( $T_n$ ) e a temperatura do ponto de orvalho ( $T_{dn}$ ) praticamente não variaram com a altura sendo apenas levemente maiores no topo do dossel. Isso provavelmente se deve a ocorrência de precipitação entre 21 h e 23 h e de nevoeiro após a dissipação da nebulosidade. No período diurno a temperatura do ar ( $T_{dia}$ ) foi praticamente constante ao longo do perfil, devido à ocorrência de forte vento “Norte” ( $U_2 = 3,2 \text{ m s}^{-1}$ ) e de nebulosidade parcial. Com relação à temperatura do ponto de orvalho no período diurno ocorreu um acentuado gradiente, sendo os valores crescentes na direção do topo do dossel.



**Figura 28.** Perfil médio de temperatura do ar ( $T$ ) e temperatura do ponto de orvalho do ar ( $T_d$ ) do dossel de plantas de batata, cultivar Macaca, aos 36 dias após a emergência (DAE) no horário das 11 h às 17 h (dia) e no horário das 21 h às 04 h (n), medida em três repetições e na torre. A linha traçada na horizontal corresponde a altura média do dossel. Santa Maria, RS, outono de 2004.

A análise conjunta dos perfis de temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho do ar nas diferentes condições meteorológicas considerando os valores médios e extremos, permite deduzir algumas regras gerais sobre a variação desses elementos com a altura, em um cultivo de batata, as quais poderão ser úteis quando se dispõe apenas de dados de estações meteorológicas instaladas nas condições padrão (sobre área relvada).

Nas noites com chuva, ou com nevoeiro, ou ainda nas noites de céu nublado e com vento, desde que este não seja seco e quente, os perfis de  $T$  e de  $T_d$  não apresentam gradientes acentuados. Os gradientes de  $T_d$  também não apresentam variação apreciável com a altura em noites calmas e límpidas, quando a inversão térmica não é acentuada, nas quais o decréscimo de temperatura ao longo da noite em geral não ultrapassa 5 a 7°C. Pode-se então inferir que nessas respectivas condições  $T$  e  $T_d$  em um dossel de plantas de batata podem ser, similares,

no mesmo horário, aos valores de T e Td medidos no abrigo meteorológico das estações instaladas na condição padrão.

Os resultados obtidos mostram que em noites com vento seco, tal como o vento “Norte” a temperatura do ponto de orvalho foi maior dentro do dossel do que acima deste. A diferença foi tanto maior, quanto mais úmida foi a superfície do solo e quanto mais seco encontrava-se o ar. Nas condições mais extremas (aos 61 DAE em 2003), obteve-se uma diferença de Td de 3°C entre o nível mais baixo, no interior do dossel (0,15 m) e no topo do dossel (0,40 m) e mais de 3°C entre o topo do dossel e o nível de 1,5 m de altura (Figura 25c). Assim, considerando-se que a 1,5 m de altura a Td sobre o cultivo de batata difere pouco daquela medida no abrigo meteorológico, pois o vento diminui a variabilidade espacial acima do dossel das plantas nos dois ambientes, pode-se esperar diferenças máximas de 6 a 7°C entre o abrigo meteorológico na estação padrão e próximo a superfície do solo úmido em um dossel de cultivo de batata. Nessa mesma condição a temperatura do ar dentro do dossel também é mais alta, mas a diferença alcança no máximo 3°C. Teoricamente pode-se inferir que essa discussão poderia ser estendida para a condição de vento seco e frio no período noturno, tal como o vento “Minuano”, porém não foram obtidos dados sob essa condição para realizá-la.

## 5. CONCLUSÕES

A radiação solar transmitida do dossel pode ser descrita por uma função exponencial negativa do IAF e do tempo em dias após a emergência. A mesma é maior quando ocorre precipitação.

Em dias que apresentam ventos moderados a fortes, céu encoberto durante o dia e freqüentes pancadas de chuva, condição típica de dias nublados com vento “Norte”, os maiores valores de temperatura máxima diária, ocorrem no nível mais alto dos perfis de medições micrometeorológicas acima do dossel.

No período de maior aquecimento no dia e no momento da temperatura máxima, os maiores gradientes de temperatura do ar ocorrem em dias límpidos com alta disponibilidade de radiação solar e baixa velocidade do vento.

As temperaturas mínimas diárias são em média maiores a 1,0m de altura e menores em meio ou no nível do terço inferior do dossel, exceto sob condições de céu encoberto, com ou sem chuva. Gradientes acentuados de temperatura mínima são verificados apenas sob condição de céu límpido, com saldo de radiação negativo menor do que  $-15 \text{ W m}^{-2}$ , e vento calmo ou ainda sob vento quente (“Norte”) de alta velocidade.

Os valores diários máximos e mínimos de umidade relativa e de temperatura do ponto de orvalho do ar decrescem gradativamente desde próximo a superfície do solo, dentro do dossel até o nível mais alto dos perfis de medições micrometeorológicas, sendo o gradiente vertical menor em dias de ventos calmos, com céu nublado e nos períodos de chuva.

Ventos fortes a moderados têm pouco efeito na atenuação do gradiente da temperatura do ponto de orvalho no dossel de plantas de batata durante o dia, porém atenuam significativamente o gradiente da mesma durante o período de resfriamento noturno, inclusive na hora da temperatura mínima.

A temperatura média diurna é maior nos níveis inferiores do dossel, sendo os gradientes de temperatura do ar mais acentuados no período diurno do que no período noturno.

A inversão térmica vertical média no dossel de plantas de batata no período noturno é pouco acentuada abaixo de 2,0m de altura, sendo maior em noites límpidas e calmas.

Os gradientes da temperatura do ponto de orvalho médio ( $T_d$ ) no dossel de plantas de batata são maiores no período diurno do que no período noturno e no outono são maiores do que na primavera, tanto para valores médios, quanto para valores máximos.

Os gradientes mais acentuados de Td e T ocorrem em dias calmos e límpidos ou com pouca nebulosidade.

Em dias com precipitação, ou com nevoeiro, ou ainda nas noites de céu nublado e com vento, desde que este não seja seco e quente, a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho do ar apresentam pouca variação horizontal e vertical.

Em noites calmas e límpidas, que não apresentam resfriamento acentuado, os valores da temperatura do ponto de orvalho do ar não apresentam grandes variações com a altura. Sob resfriamento acentuado nas mesmas condições ocorre inversão dessa variável abaixo de 1,0 m de altura.



## 6- Referências Bibliográficas

- AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. Academic Press, London, San Diego. 4a edição, 1997. 635p.
- BÄTZ, W. et al. Entwicklungsstadien der Kartoffel. In: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. **Merkblatt** Nr.27/5. Janeiro, 1980. Alemanha, 1980. 5p.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Moléstias de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. Editora Ceres, São Paulo - SP. 1996. 289p.
- BISOGNIN, D.A. Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Boletim técnico**, Centro de Ciências Rurais. Gráfica Universitária – UFSM. Santa Maria. 1996. 64p.
- BRASIL Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul **Recife: MA/DPP/DRNR – Divisão de pesquisa Pedológica. 1973, 431p. (Boletim Técnico: n. 30)**
- BROADBENT, L. The microclimate of the potato crop. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 76, n. 330, p.439-454. 1950
- CHOER, E. Origem e evolução. In: **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa. Brasília, 2003. 567p.
- DE FINA, A.L.; RAVELLO, A.R. **Climatología y fenología agrícolas**. Buenos Aires: Eudeba, 1973, 281p DEUTSCHER WETTERDIENST. Survey of pest and disease models for agricultural crops. CagM Report 61, WMO, Geneva, 1995. 32p.
- EIMERN, J. von. Untersuchungen über das Klima in Pflanzenbeständen als Grundlage einer agrarmeteorologischen Beratung, insbesondere für den Pflanzenschutz. **Berichte des Deutschen Wetterdienstes**, Ansbach, v. 96, p.1-13, 1964.
- EMBRAPA. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)** Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças n.8. 1997. 35p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileira de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro, Embrapa solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, Embrapa Produção de Informações; 2003. 567p.

FAO. Storage and processing of roots and tubers in the tropics. 1998. Disponível em <http://www.fao.org/docrep/x5415e00htm#contents>. Acesso em: 20/07/2004.

FIGUEIREDO, C. A batata no Estado do Rio Grande do Sul. In: **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa. Brasília, 2003. 567p.

FORTES, G. R. de L e PEREIRA, J. E. S. Classificação e Descrição Botânica. In: **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa. Brasília, 2003. 567p.

GATES, D. M. **Ecological biophysics**. Springer, New York, 1980. 611p.

GLENNON, L. The potato in the food business - past to present. 2000. Disponível em <http://www.potato.congress.org/articles>. Acesso em: 30/07/2004.

HELDWEIN, A. B. **Ermittlung der Taubenetzung von Pflanzenbeständen durch Anwendung mikrometeorologischer Verfahren sowie mittels konventioneller Methoden**. Berlin: TU-Berlin, 206p. Dissertação (Dr. Sci. Agrar.) – Fachbereich Internationale Agrarentwicklung, 1993.

HELDWEIN, A.B.; KRZYSCH, G. Estimativa da temperatura e da pressão de vapor d'água do ar no topo de uma cultura de batata. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 101-105, 1999.

HELDWEIN, A. B. et al. Frequência de ocorrência de ventos fortes em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p. 285-291, 2003.

HOLLEY, J. D., et al. Effects of cultivar resistance, leaf wetness duration and temperature on rate of development of potato early blight. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 65, p. 179-184, 1985.

IBGE. <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Produção Agrícola/Produção Agrícola Municipal%5Banual%5D/2003/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Produção_Agricola/Produção_Agricola_Municipal%5Banual%5D/2003/)> Acesso em: 27/01/2005.

KIMATI, H., et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. Ed. São Paulo: Ceres, 1997. 774p. Volume 2

MAASS, G., et al. Modelos para determinação não-destrutiva da área foliar na batata (*Solanum tuberosum*). In: XIX JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA. **Anais...** Santa Maria , CCR/UFSM., 2004. (Trabalhos em CD).

MARTINS, M. C., AMORIM, L. Efeito do período de molhamento foliar em componentes monocíclicos da ferrugem do pessegueiro. **Revista Fitopatologia Brasileira**, v. 24, n.4, p.552-555, 1999.

MICHAELIDES, S.C. A simulation model of the fungus *Phytophthora infestans* (mont) De Bary. **Ecological Modelling**, v.28, p. 121-137, 1985.

MONTEITH, J. L. & UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2 Ed. New York, 1990. 291p.

MONTEIRO, J.E.B.A. **Microclima e ocorrência de ramulose no algodoeiro em diferentes densidades populacionais**. Piracicaba, 2002. 99p. Dissertação - ESALQ/USP. Disponível em:<http://www.Teses.usp/teses/disponiveis>. Acesso em 20/01/2003.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Agricultura, Porto Alegre, 46p., 1961.

NAZARENO, N. R. X. de e JACCOUD FILHO, D. de S. Doenças fúngicas. In: **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa. Brasília, 2003. 567p.

PANOFSKY, H.A. Wind structure in strong winds below 150 m. **Wind Engineering**, v. 1, 91-103, 1977.

PEREIRA, A. da S. et al. Principais cultivares. In: **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa. Brasília, 2003. 567p.

REIS, E. M. Requeima: Sistema de previsão de *Phytophthora infestans* no cultivo de batata e tomate. **Caderno Técnico** Cultivar HF, nº 21, Agosto/Setembro, 2003. 10p.

ROSENBERG, J. N. **Microclimate: The Biological Environment**. New York: Jhon Wiley & Sons, 1974, 315p.

SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. In: **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa. Brasília, 2003. 567p.

SWIADER, J. M. et al. **Producing vegetable crops**. Interstate Publishers, Inc. Danville, Illinois, 1992. 626p.

TUBELIS, A ; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia Descritiva – Fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo, Livraria Nobel, 1973. 374p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, M. G., UFV - Imprensa Universitária, 1991. 449p.

## 7. ANEXOS

**Anexo A:** Temperaturas médias diurna (11 h às 17 h) e temperaturas médias noturna (21 h às 04 h do dia seguinte) medida em cinco níveis (0,15 m; 0,40 m; 1,0 m; 1,5 m e 2,2 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, primavera de 2003.

Data	DAE	Temperatura média diurna					Temperatura média noturna				
		T0,15	T0,40	T1,0	T1,5	T2,2	T0,15	T0,40	T1,0	T1,5	T2,2
8/11	49	30,3	27,6	25,8	25,5	25,4	19,2	19,4	20,0	19,8	20,1
9/11	50	26,9	26,4	24,9	24,5	24,6	18,0	18,5	19,9	20,0	20,3
10/11	51	33,0	31,5	28,8	28,6	29,0	19,6	19,4	19,7	19,6	19,7
11/11	52	34,8	35,1	34,0	33,5	33,4	26,3	26,2	27,1	27,2	27,5
12/11	53	17,6	17,4	17,4	17,1	17,1	16,2	16,2	16,3	16,0	16,2
13/11	54	18,1	17,8	16,9	16,4	16,1	11,4	11,4	12,0	11,9	12,3
14/11	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/11	56	-	-	-	-	-	20,4	20,6	21,4	21,2	21,5
16/11	57	17,7	17,7	17,7	17,3	17,4	17,4	17,8	18,4	18,0	18,2
17/11	58	24,7	25,6	24,9	24,2	24,5	18,5	18,6	19,1	18,5	18,7
18/11	59	20,0	20,4	20,3	19,6	19,4	14,7	14,9	15,5	14,8	15,1
19/11	60	22,2	22,6	22,1	21,5	21,2	17,0	17,3	18,1	17,7	18,0
20/11	61	23,0	20,1	19,0	18,5	18,5	11,9	12,9	13,7	12,9	13,1
21/11	62	27,3	26,6	25,2	25,0	25,4	18,7	19,1	20,1	19,7	20,0
22/11	63	31,1	32,6	31,0	30,6	31,2	21,9	22,4	23,5	23,3	23,5
23/11	64	31,2	32,5	31,5	31,3	31,3	21,8	22,2	22,8	22,5	22,6
24/11	65	20,9	21,5	21,2	20,4	20,5	18,5	18,4	18,5	18,0	18,1
25/11	66	26,3	25,4	24,3	23,6	23,7	20,0	20,0	20,5	19,9	20,1
26/11	67	28,9	27,2	26,2	25,8	25,7	20,8	20,9	21,3	20,6	20,7
27/11	68	26,9	26,4	25,6	25,0	24,7	18,3	19,2	20,3	19,8	20,1
28/11	69	25,8	26,1	25,7	25,4	25,9	18,8	20,1	21,2	20,6	20,8
29/11	70	28,8	28,9	28,1	28,1	28,7	18,7	19,9	20,9	20,5	20,7
30/11	71	26,6	27,8	27,1	26,8	27,1	18,1	17,9	17,9	17,4	17,4
1/12	72	26,2	24,6	23,6	23,2	23,0	17,1	17,4	18,1	17,8	18,0
2/12	73	29,4	27,1	25,4	24,9	24,7	18,7	19,4	20,2	19,8	20,0
3/12	74	26,1	24,9	24,2	24,0	24,2	19,6	20,1	20,4	20,0	20,1
4/12	75	27,7	28,4	26,3	25,9	26,1	19,0	18,9	19,5	19,2	19,4

**Anexo B:** Temperaturas médias diurna (11 h às 17 h) e temperaturas médias noturna (21 h às 04 h do dia seguinte) medida em cinco níveis (0,10 m; 0,40 m; 1,0 m; 1,5 m e 2,0 m de altura), após a data de emergência (DAE), em um dossel de plantas de batata. Santa Maria, RS, outono de 2004.

Data	DAE	Temperatura média diurna					Temperatura média noturna				
		T0,10	T0,40	T1,0	T1,5	T2,0	T0,10	T0,40	T1,0	T1,5	T2,0
28/3	11	29,4	29,5	28,8	28,8	29,1	21,9	21,8	21,7	21,7	21,7
29/3	12	28,9	28,4	28,0	27,8	27,9	18,7	18,7	18,5	18,5	18,6
30/3	13	30,5	30,5	29,4	29,4	30,0	21,6	21,5	21,4	21,4	21,4
31/3	14	30,1	29,8	29,0	28,9	29,3	21,5	21,4	21,3	21,2	21,3
1/4	15	30,9	30,6	30,0	29,8	30,2	22,2	21,7	21,7	21,7	21,8
2/4	16	22,3	22,1	22,1	21,9	22,0	20,4	20,3	20,6	20,6	20,7
3/4	17	29,1	29,3	28,8	28,6	28,6	21,4	21,3	21,7	21,7	21,8
4/4	18	28,5	28,8	28,4	28,2	28,2	23,0	22,9	23,0	22,8	22,9
5/4	19	30,5	30,7	30,0	29,7	29,7	21,6	21,4	21,4	21,2	21,3
6/4	20	31,9	31,0	30,3	29,9	29,8	21,2	20,7	20,9	20,8	21,0
7/4	21	33,4	33,0	32,5	32,2	32,2	22,5	22,2	22,2	22,0	22,1
8/4	22	24,0	24,1	24,0	23,7	23,7	19,6	19,2	19,3	19,0	19,1
9/4	23	27,7	28,5	28,0	27,7	27,7	20,3	20,2	20,2	19,9	20,0
10/4	24	24,7	25,2	24,7	24,3	24,4	18,2	18,1	18,2	17,9	18,0
11/4	25	23,1	23,8	22,8	22,4	22,4	19,0	18,7	18,8	18,5	18,6
12/4	26	30,8	31,9	31,2	30,8	31,0	21,2	20,6	20,8	20,5	20,6
13/4	27	31,6	32,8	32,4	32,0	32,2	21,3	20,9	21,2	20,8	21,0
14/4	28	32,1	33,3	32,9	32,5	32,6	21,7	21,2	21,5	20,9	21,1
15/4	29	31,1	31,9	31,3	30,6	30,6	22,5	22,7	22,9	22,3	22,4
16/4	30	30,7	31,0	30,5	30,0	30,1	22,5	22,8	23,0	22,5	22,6
17/4	31	24,0	23,9	23,4	22,6	22,5	20,3	20,4	20,4	19,6	19,7
18/4	32	23,5	23,8	23,4	22,7	22,7	19,8	19,9	19,7	18,8	18,9
19/4	33	24,5	24,7	24,2	23,4	23,4	10,9	10,3	10,8	9,7	10,0
20/4	34	21,9	22,7	21,3	20,4	20,5	11,6	11,6	12,3	11,4	11,7
21/4	35	25,6	26,4	25,6	25,0	25,1	22,3	23,0	23,2	22,8	22,9
22/4	36	30,2	30,9	30,7	30,1	30,1	18,5	18,7	18,5	17,8	17,9
23/4	37	24,4	24,4	23,9	23,1	23,1	17,6	17,9	17,8	16,7	16,8
24/4	38	19,4	19,4	19,1	18,1	18,1	12,3	12,4	12,6	11,5	11,8
25/4	39	19,4	19,4	18,5	17,6	17,5	9,2	9,0	9,2	7,9	8,1
26/4	40	20,2	20,7	19,5	18,7	18,8	9,5	9,5	9,8	8,7	9,0
27/4	41	21,7	22,3	21,2	20,6	20,6	12,3	12,8	13,3	12,5	12,7
28/4	42	24,6	25,4	24,0	23,4	23,5	16,3	16,9	17,4	16,7	17,0
29/4	43	27,0	28,2	28,0	27,4	27,4	19,3	19,5	19,3	18,5	18,7
30/4	44	20,3	20,3	19,8	18,9	18,9	11,9	12,2	12,6	11,7	11,9
1/5	45	19,9	19,6	18,9	18,1	18,1	13,5	13,9	14,1	13,2	13,5
2/5	46	24,5	24,5	23,9	23,1	23,1	16,8	17,2	17,4	16,5	16,7
3/5	47	19,7	20,0	19,8	18,7	18,9	18,0	18,3	18,3	17,2	17,4
4/5	48	18,5	18,9	18,4	17,3	17,4	16,3	16,7	16,5	15,2	15,4
5/5	49	18,0	18,2	17,9	16,7	16,8	16,7	17,0	16,9	15,5	15,7
6/5	50	20,6	20,6	20,1	18,7	18,8	16,9	17,2	17,1	15,6	15,8
7/5	51	17,2	17,7	17,3	15,8	15,9	17,5	17,9	17,7	16,3	16,4
8/5	52	24,0	25,0	23,6	22,5	22,6	17,2	17,8	17,8	16,3	16,5
9/5	53	23,9	24,6	23,7	22,4	22,5	14,7	15,5	15,7	13,7	14,0
10/5	54	24,3	25,3	24,0	22,6	22,7	16,6	17,3	17,2	15,5	15,7

11/5	55	24,4	25,5	24,3	23,1	23,2	18,2	19,0	18,8	17,2	17,3
12/5	56	22,6	23,4	22,5	21,0	21,1	16,0	16,7	16,5	14,4	14,6
13/5	57	21,7	22,3	21,6	19,9	20,0	17,6	18,3	18,0	16,1	16,3
14/5	58	16,6	17,3	16,6	14,3	14,5	13,7	14,8	14,2	12,0	12,1
15/5	59	16,9	17,4	16,8	14,5	14,6	11,9	12,6	12,4	10,1	10,3
16/5	60	19,2	19,8	18,8	16,9	17,0	10,0	10,7	10,5	8,0	8,2
17/5	61	19,6	20,3	19,1	17,4	17,5	11,9	12,6	12,3	10,1	10,3
18/5	62	17,7	18,5	17,3	15,4	15,6	10,0	10,8	10,5	8,2	8,4
19/5	63	18,0	18,8	17,7	16,0	16,1	8,3	9,5	9,7	7,6	7,9
20/5	64	17,9	18,6	17,7	16,2	16,4	10,4	11,3	11,2	9,3	9,5
21/5	65	19,6	20,4	19,6	18,4	18,5	15,2	15,9	15,8	14,3	14,5
22/5	66	22,2	22,8	21,9	20,6	20,8	17,0	17,6	17,3	15,8	15,9
23/5	67	21,4	21,9	21,5	20,1	20,3	17,2	17,8	17,5	15,8	16,0
24/5	68	17,0	17,4	16,8	14,6	14,6					
29/5	72						10,8	11,7	11,8	9,9	10,3
30/5	73	19,7	20,7	19,7	18,2	18,5	11,1	12,0	12,1	10,0	10,3
31/5	74	18,5	19,4	18,7	17,1	17,3	12,9	13,8	13,7	11,8	12,0
1/6	75	20,4	21,3	20,5	18,9	19,2	13,4	14,3	14,3	12,4	12,6
2/6	76	18,2	18,7	18,2	16,5	16,6	14,7	15,5	15,1	12,9	13,1
3/6	77	19,4	20,4	19,6	17,9	18,1	13,1	14,2	14,0	11,8	12,1
4/6	78	19,6	20,7	19,8	18,1	18,3	11,0	12,1	12,2	9,8	10,2
5/6	79	21,2	22,0	21,1	19,5	19,6	11,6	12,6	12,6	10,4	10,7
6/6	80	20,0	20,6	19,6	17,8	17,8	14,0	14,9	14,9	13,0	13,3
7/6	81	18,8	19,8	19,0	17,3	17,6	13,3	14,1	13,7	11,6	11,8