

ISSN 0104-1347

# Relação entre a temperatura mínima do ar medida no abrigo meteorológico e na relva no Estado do Rio Grande do Sul

Relationship between meteorological shelter and grass minimum temperature, in the State of Rio Grande do Sul, Brazil

Camila Cossetin Ferreira<sup>1</sup>, Denise Cybis Fontana<sup>2</sup> e Moacir Antonio Berlato<sup>3</sup>

**Resumo:** Os prejuízos causados pela geada na agricultura têm reforçado a importância da temperatura mínima da superfície do solo, que está diretamente associada a este fenômeno. Entretanto, esta é uma variável medida em poucas estações meteorológicas. Neste trabalho foram avaliadas as diferenças entre a temperatura mínima do ar medida no abrigo meteorológico (Tar) e a temperatura mínima do ar na relva (Trel), e ajustadas funções de estimativa da Trel a partir da Tar. Foram utilizados dados diários da Tar e da Trel do período de 1980-1990, para oito localidades do Estado do Rio Grande do Sul. A partir destes dados foi calculada a série de diferenças entre a Tar e a Trel para todas as localidades e meses do ano. Para esta nova série foram calculadas as estatísticas básicas (média e variância) e foram feitos os histogramas das distribuições de frequências. Após, com uso das séries originais, foram ajustadas equações de regressão linear entre a Tar e a Trel. Os resultados mostraram que as menores diferenças médias entre a Tar e a Trel ocorrem nos meses de verão e nas localidades de maior altitude, e que a temperatura mínima de relva pode ser estimada com adequada precisão a partir da temperatura mínima do ar.

**Palavras-chave:** Temperatura mínima do ar, temperatura mínima de relva, regressão linear.

**Abstract:** The losses caused for the frost in agriculture have strengthened the importance of the grass minimum temperature, which is directly associated with this phenomenon. However, this is a variable measured in few meteorological stations. In this work the differences between air minimum temperature (Tar) and grass minimum temperature (Trel) had been evaluated. Functions of estimate of the grass minimum temperature from the air minimum temperature measured in the meteorological shelter had been adjusted. Daily Tar and Trel data from 1980 to 1990 was used from eight meteorological stations located in the Rio Grande do Sul State, Brazil. Daily Tar and Trel difference series were calculated, for all meteorological stations, for the entire period. Basic statistics data were calculated (average and variance), and frequency histograms were made. After, using the original data series of Tar and Trel, the linear regression between Tar and Trel was adjusted. The results showed smaller differences between Tar and Trel in the summer months and in places with higher altitudes. The grass minimum temperature can be estimated with adequate precision using the air minimum temperature.

**Key words:** Air minimum temperature, grass minimum temperature, linear regression.

<sup>1</sup> Meteorologista, [cacossetin@gmail.com](mailto:cacossetin@gmail.com),

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Prof. Doutor, [dfontana@ufrgs.br](mailto:dfontana@ufrgs.br)

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Prof. Doutor, [moacir.berlato@ufrgs.br](mailto:moacir.berlato@ufrgs.br)

## Introdução

No contexto agrônômico, o conhecimento da temperatura do solo e do ar é extremamente útil, visto que de uma maneira geral, as plantas têm exigências próprias quanto a variações destes elementos, requerendo uma faixa ótima, dentro da qual o crescimento e o desenvolvimento ocorrem normalmente. A temperatura mínima da superfície do solo é muito importante por estar associada ao fenômeno geada, que causa perdas na agricultura do Estado. Entretanto, é uma variável medida em poucas estações meteorológicas.

A temperatura do ar é determinada pelo fluxo de calor sensível entre a superfície do solo e a atmosfera. Durante o dia, há aquecimento do ar a partir da superfície, fluxo de calor sensível positivo. À noite, ocorre resfriamento do ar, fluxo de calor sensível negativo. O perfil típico de temperatura em noite de intenso resfriamento do ar se caracteriza por forte inversão térmica, ou seja, aumento de temperatura à medida que se afasta da superfície.

Na região sul do Brasil a diferença entre a temperatura mínima do ar no abrigo (Tar) e a temperatura mínima do ar na relva (Trel) tem sido discutida, devido as freqüentes perdas causadas pelas geadas em diversas culturas. Esta discussão é procedente, já que as temperaturas no nível do solo podem diferir consideravelmente dos valores observados no abrigo meteorológico. Em noites de intensa irradiação a diferença entre a Tar e a Trel pode chegar a 5°C (BOOTSMA, 1976a e 1980).

As diferenças entre a temperatura mínima do ar no abrigo e na relva dependem das condições atmosféricas, da topografia e das características da superfície. As maiores diferenças ocorrem em noites sem nebulosidade, com ventos fracos e baixa umidade do ar, o que possibilita uma intensa emissão de radiação pela superfície, favorecendo a inversão térmica.

BOOTSMA (1976b) correlacionou vários elementos meteorológicos com as diferenças entre as temperaturas mínimas do ar no abrigo e na relva, utilizando dados do Canadá e verificou que as variáveis de maior significância na regressão foram a nebulosidade e a velocidade do vento, explicando cerca de 74% das variações das diferenças. Em São Paulo, SENTELHAS et al. (1995) verificaram que

78% da variação das diferenças entre as temperaturas mínimas do ar no abrigo e na relva foi explicada pela velocidade do vento.

FIGUEIROLA & MAZZEO (1997) desenvolveram um modelo de previsão do perfil de temperatura nas camadas mais baixas da atmosfera a partir da temperatura mínima no abrigo; o coeficiente de correlação entre os dados estimados pelo modelo e os observados foi 0,79.

DELLA MAGGIORA et al. (1997) relacionaram as temperaturas mínimas no abrigo meteorológico (1,5 m de altura) com as temperaturas mínimas a 0,05 e 0,5 metros de altura, na localidade de Balcarce, Argentina. Esses autores obtiveram coeficientes de determinação de 0,84, para ambos os casos. Comparando os valores estimados pelos modelos com os observados, os índices de concordância (d) obtidos foram de 0,96 e 0,97 para as alturas de 0,05 e 0,5 metros de altura, respectivamente.

OLIVEIRA (1997) fez um estudo para o Estado do Rio Grande do Sul e concluiu que as maiores freqüências de ocorrência das diferenças entre a temperatura mínima do ar no abrigo e na relva estão entre 2,1 e 4,0°C. HELDWEIN et al. (1988) verificaram que as diferenças térmicas médias entre o abrigo e relva, em Santa Maria (RS), variaram de 2,3°C em fevereiro a 3,4°C em abril.

Em vista da necessidade de disponibilizar informações sobre a temperatura da relva, mais detalhada espacial e temporalmente no Rio Grande do Sul, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças entre Tar e Trel nas diversas regiões climáticas do Estado, bem como ajustar funções para estimativa da Trel a partir da Tar.

## Material e Métodos

Foram utilizados 11 anos (1980/1990) de dados diários da temperatura mínima do ar e da temperatura mínima do ar na relva, que foram obtidos do termômetro de mínima (álcool etílico) instalado a 1,5m da superfície (abrigo meteorológico) e a 0,05m do solo gramado, respectivamente.

Os dados coletados, provenientes da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO/

RS), foram de 8 localidades distribuídas por todo o Estado (Tabela 1 e Figura 1).

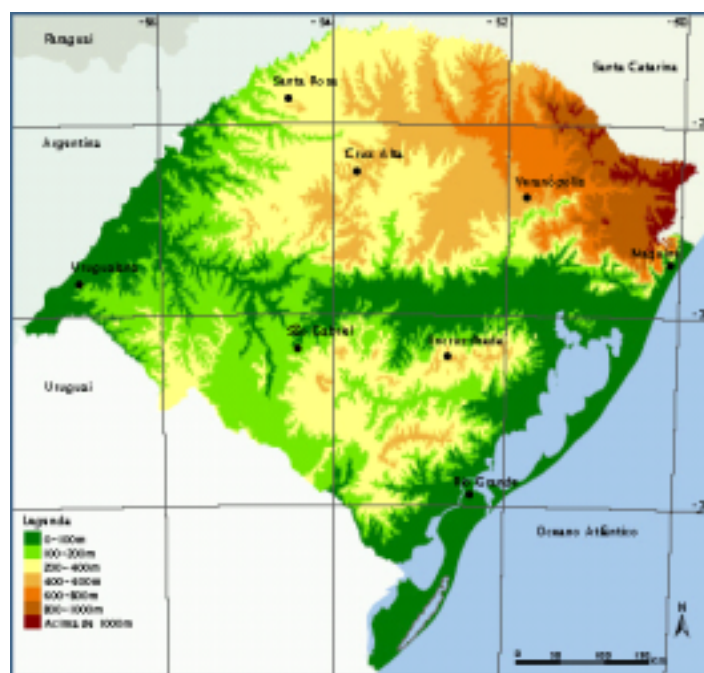
A partir do conjunto de dados obtidos nas estações meteorológicas foi calculada a série de diferenças entre a Tar e a Trel para todas as localidades e meses do ano. Para esta nova série foram calculadas as estatísticas básicas (média e variância) e foram feitos os histogramas das distribuições de frequências, adotando intervalos de classe de 1°C.

Após, com uso das séries originais, foram ajustadas equações de regressão linear entre a Tar e a Trel através do método dos mínimos quadrados, para as localidades individualmente e também para o conjunto total de dados, em todos os meses do ano.

O grau de ajuste das equações foi avaliado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a significância dos coeficientes de determinação foi verificada pelo teste F.

**Tabela 1.** Estações meteorológicas do Rio Grande do Sul selecionadas para o estudo.

Localidade	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Cruz Alta	472	-28°38'	-53°36'
Encruzilhada do Sul	427	-30°32'	-52°31'
Maquiné	32	-29°40'	-50°13'
Rio Grande	2	-32°01'	-52°05'
Santa Rosa	360	-27°51'	-54°25'
São Gabriel	124	-30°10'	-54°19'
Uruguaiana	62	-29°45'	-57°05'
Veranópolis	705	-28°56'	-51°33'



Fonte: Mapa Hipsométrico do Rio Grande do Sul - 1966  
Elaboração: UFRGS/CEPSRM - SCP/DEPLAN - 05/2004

**Figura 1.** Localização das estações meteorológicas selecionadas para o estudo, em mapa hipsométrico.

As equações ajustadas para cada localidade, assim como para todo Estado, foram testadas usando um novo grupo de dados da Tar e da Trel, para as localidades de Encruzilhada, São Gabriel, Uruguaiana, Veranópolis e Taquari.

### Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentadas as estatísticas (média e variância) da diferença entre a temperatura mínima do ar no abrigo e na relva para os doze meses do ano. As diferenças encontradas entre a Tar e a Trel foram, geralmente, positivas. Isto é esperado, já que, devido ao fenômeno de inversão térmica que ocorre normalmente durante a noite, a temperatura observada próximo à superfície é menor do que aquela a 1,5m de altura.

A média anual das diferenças variou de 1,3°C (Cruz Alta) a 3,0°C (São Gabriel), sendo 2,0°C a diferença média considerando todas as localidades analisadas. Estes resultados são próximos aos encontrados por OLIVEIRA (1997) que observou

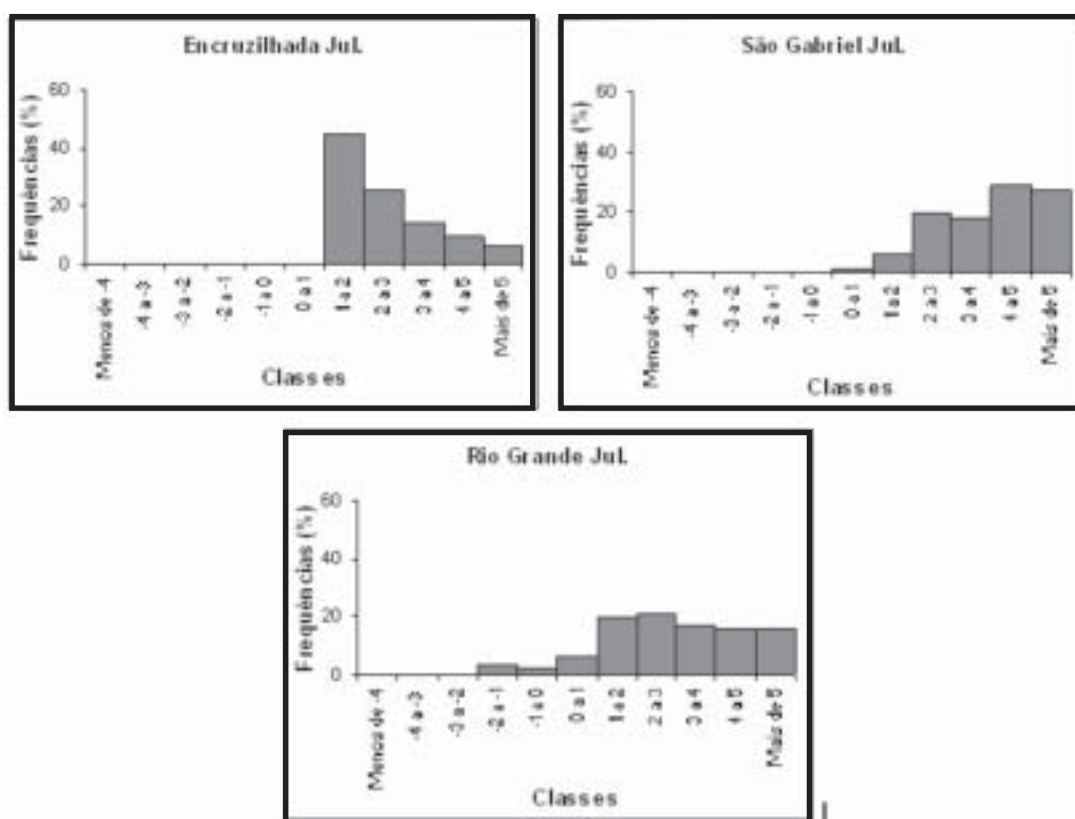
diferenças médias variando de 1,4 a 3,7°C, em dez localidades do Estado do Rio Grande do Sul. SILVA & SENTELHAS (2001) observaram uma diferença média de 3,3°C em oito localidades de Santa Catarina e GRODZKI et al. (1996) obtiveram diferenças médias de 2,8 a 3,8°C no Estado do Paraná.

As menores diferenças médias ocorreram, em geral, nos meses de verão, principalmente em fevereiro, enquanto as maiores diferenças estão normalmente relacionadas aos meses de inverno e primavera. HELDWEIN et al. (1988), também verificaram que em Santa Maria as diferenças foram mais elevadas no semestre frio, o que foi atribuído ao número maior de dias com ocorrência de inversão térmica nesta época, noites mais longas e umidade específica do ar menor.

Em Rio Grande, foi observado um padrão distinto das outras localidades, sendo a menor diferença média, por exemplo, observada em junho e a maior em setembro e dezembro. A variância, nesta

**Tabela 2.** Estatísticas da diferença entre a temperatura mínima do ar no abrigo e na relva em estações meteorológicas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul, período 1980-1990.

	Estatística	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
<b>Cruz Alta</b>														
GRUPO 1	Média	1,4	1,0	1,2	1,4	1,4	1,6	1,2	1,6	1,3	1,3	1,2	1,5	1,3
	Variância	3,2	1,9	3,7	2,5	3,2	3,6	2,4	3,8	2,2	3,4	3,5	6,3	3,3
<b>Encruzilhada do Sul</b>														
	Média	1,2	1,1	1,3	1,4	1,6	1,6	1,6	1,5	1,3	1,4	1,1	1,3	1,4
	Variância	0,9	1,7	1,0	1,3	2,3	2,6	1,7	2,4	1,4	1,3	2,3	1,8	1,7
<b>Veranópolis</b>														
	Média	1,3	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4
	Variância	0,8	0,6	0,8	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,3	1,2	0,9	0,7	1,0
<b>Rio Grande</b>														
GRUPO 2	Média	2,5	2,3	2,4	2,5	2,2	1,9	2,1	2,5	2,6	2,3	2,3	2,6	2,3
	Variância	9,3	9,8	8,9	10,1	8,7	7,1	4,9	5,9	8	8,6	6,8	8,4	8,0
<b>Santa Rosa</b>														
	Média	1,9	1,6	2,1	2,0	2,2	2,0	2,2	2,1	2,2	2,6	2,5	2,6	2,2
	Variância	2,3	2,0	2,5	2,8	4,6	3,4	3,6	3,3	4,0	3,8	3,3	2,8	3,2
<b>Uruguaiana</b>														
	Média	1,4	1,8	1,8	1,6	2,0	2,4	2,1	2,1	2,2	2,4	1,5	1,5	1,9
	Variância	2,0	2,4	2,6	2,3	4,1	3,3	2,4	2,8	4,1	7,0	3,4	4,7	3,4
<b>Maquiné</b>														
GRUPO 3	Média	2,2	2,3	2,8	3,3	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7	3,0	2,8	2,6	2,7
	Variância	3,3	2,9	5,1	6,7	4,7	1,8	1,2	1,8	2,7	2,4	2,7	2,9	3,2
<b>São Gabriel</b>														
	Média	2,7	2,6	2,6	2,9	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0
	Variância	1,0	1,1	1,0	1,4	2,2	2,4	2,1	1,5	2,0	1,6	1,7	1,8	1,7



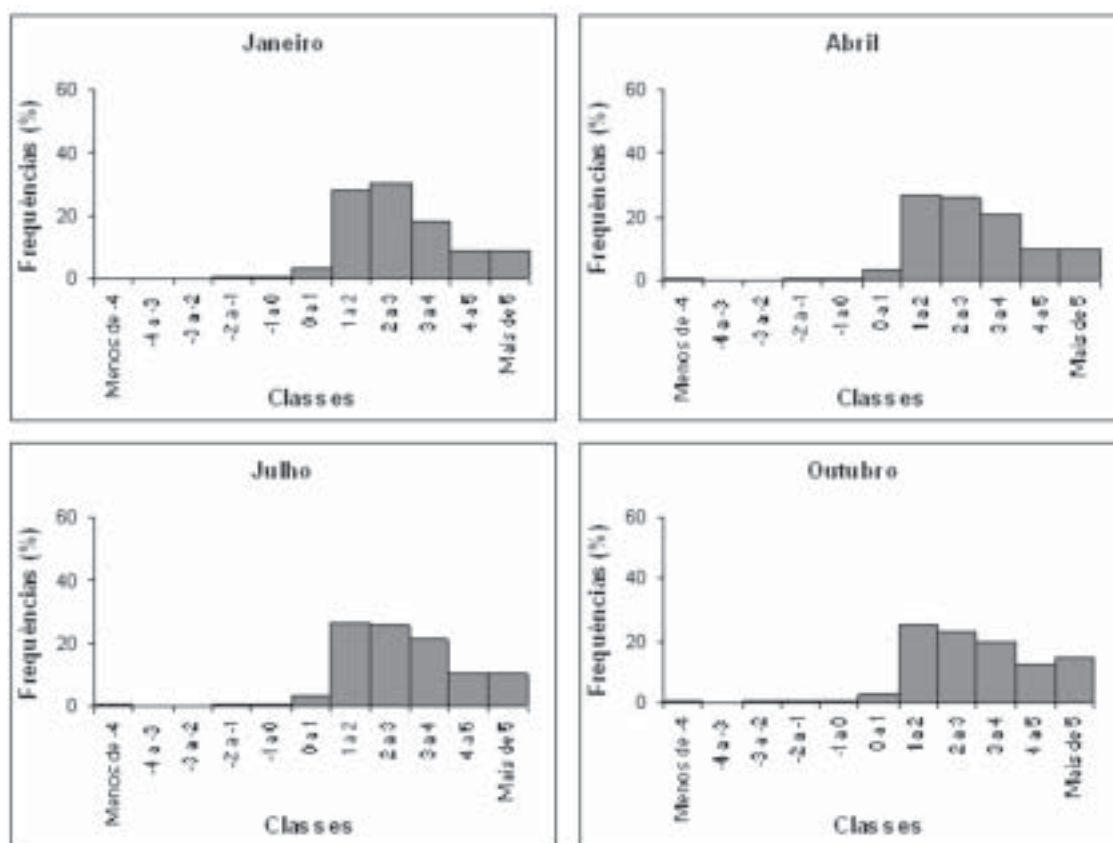
**Figura 2.** Histogramas das distribuições de frequência relativa da diferença entre a Tar e a Trel, para as localidades de Encruzilhada do Sul (Grupo 1), Rio Grande (Grupo 2) e São Gabriel (Grupo 3), em julho.

localidade foi muito maior que a observada nas demais. Uma possível explicação para isso pode estar relacionada à alta umidade do ar, que é um elemento meteorológico que tem influência nas diferenças entre a Tar e a Trel, como foi mostrado por BOOTSMA (1976b), HELDWEIN et al. (1988) e SENTELHAS et al. (1996).

Comparando as diferenças médias observadas ao longo do ano entre as localidades estudadas, verifica-se que em Maquiné e São Gabriel as diferenças foram superiores às demais localidades. Observa-se, ainda, uma tendência das diferenças serem menores nas localidades de maior altitude como Cruz Alta, Encruzilhada do Sul e Veranópolis. SILVA e SENTELHAS (2001) observaram um comportamento contrário em Santa Catarina, sendo que as maiores diferenças médias ocorreram nas maiores altitudes, com um coeficiente de determinação de 0,42 para a regressão linear entre as diferenças de temperatura e a altitude. Os resultados, em princípio contraditórios,

obtidos neste trabalho, possivelmente sejam consequência da tentativa de estabelecer um modelo simples (somente altitude) para explicar um processo complexo, onde diversos outros fatores contribuem para a definição da diferença de temperatura entre a superfície e o ar.

Os histogramas das distribuições de frequência relativa da série de diferenças entre a Tar e a Trel, permitem visualizar a distribuição dos dados, fornecendo, portanto, mais detalhes da série do que somente o valor médio. A análise dos histogramas permite identificar três grupos com respostas distintas, selecionados pelas semelhanças na forma das suas distribuições de frequência e pela proximidade de suas médias. A título de ilustração, na Figura 1 são apresentados os histogramas para uma localidade de cada um destes grupos para o mês de julho, que é o mês mais crítico em termos de baixas temperaturas no Estado.



**Figura 3.** Histogramas das distribuições de frequência relativa da diferença entre a Tar e a Trel, para os meses de janeiro, abril, julho e outubro para o Estado do Rio Grande do Sul (1980-1990).

Na primeira figura é mostrado o histograma para Encruzilhada do Sul, representando o grupo 1. Este grupo é caracterizado pelas menores diferenças médias, as quais variaram de 1,0°C (Cruz Alta, fevereiro) a 1,6°C (Cruz Alta, junho) (Tabela 2) e por distribuições de frequência semelhantes no decorrer do ano. É importante salientar que as localidades selecionadas para esse grupo, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul e Veranópolis, têm outra característica em comum, que é a maior altitude.

O segundo grupo, representado por Rio Grande (Figura 2), é composto pelas localidades de Rio Grande, Santa Rosa e Uruguaiana. Neste grupo, foram observadas diferenças médias um pouco maiores do que as do primeiro (Tabela 2) e os seus histogramas se distinguem das demais por apresentarem uma distribuição relativamente uniforme para quase todas as classes.

O terceiro grupo selecionado, do qual fazem parte São Gabriel (Figura 2) e Maquiné, se

caracteriza pelas maiores diferenças médias (Tabela 2), as quais variaram de 2,2°C em Maquiné no mês de janeiro a 3,3°C em São Gabriel no mês de junho, e pelas menores altitudes. Neste grupo as maiores frequências de ocorrência estão nas classes com maiores diferenças; a classe com maior frequência na maioria dos meses é a de 3 a 4°C.

Os histogramas das distribuições de frequência levando em conta todas as localidades do Estado (Figura 3) têm distribuição homogênea entre as classes, sendo difícil distinguir uma classe que persista em todos os meses com maior frequência de ocorrência.

Na Tabela 3 são apresentados o coeficiente angular, o intercepto e o coeficiente de determinação das equações de regressão linear ajustadas entre a temperatura mínima do ar no abrigo e na relva, para cada localidade e para seu conjunto em todos os meses do ano. O ajuste destas equações torna-se interessante e útil porque num grande número de

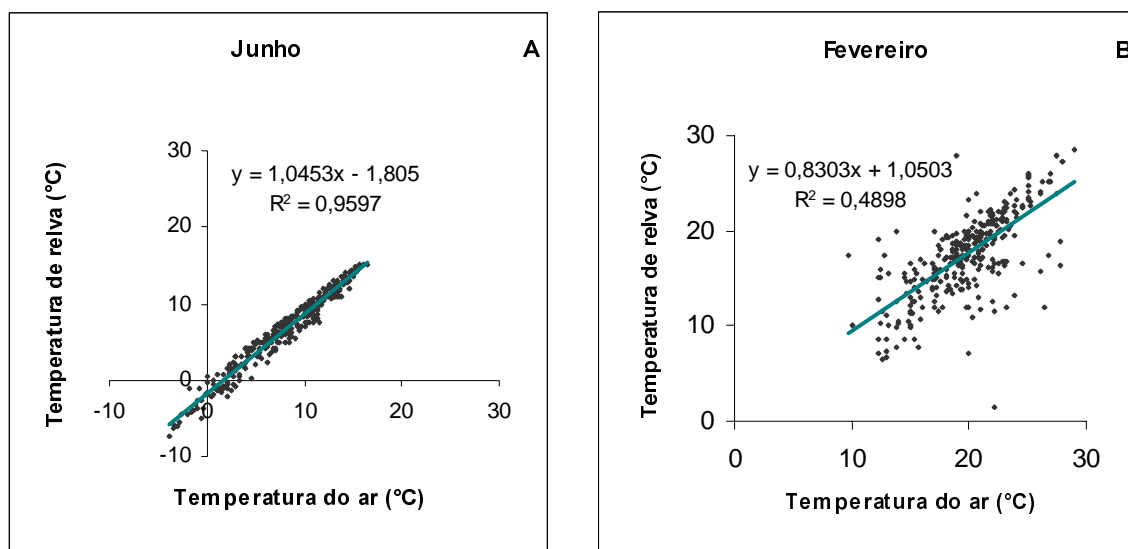
Tabela 3. Coeficientes  $a$  e  $b$  e coeficientes de determinação das equações de regressão linear entre a temperatura mínima do ar medida no abrigo e a temperatura mínima do ar na relva durante o ano para cada localidade estudada e para o seu conjunto (1980-1990).

Meses		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
GRUPO 1	Cruz Alta												
	a	0,85	0,87	0,93	0,98	0,98	0,95	0,91	0,94	0,97	0,95	0,96	0,96
	b	1,45	1,28	-0,04	-1,08	-1,26	-1,25	-0,49	-0,96	-1,03	-0,71	-0,64	-0,85
	R <sup>2</sup>	0,69	0,72	0,71	0,82	0,87	0,85	0,90	0,81	0,88	0,80	0,78	0,58
	Encruzilhada do Sul												
	a	1,08	1,00	1,05	1,06	1,03	1,04	1,01	0,97	1,01	1,02	0,94	0,99
	b	-2,64	-1,15	-2,13	-2,36	-2,01	-1,95	-1,70	-1,29	-1,42	-1,66	-0,30	-1,19
	R <sup>2</sup>	0,91	0,79	0,90	0,90	0,89	0,88	0,91	0,87	0,92	0,92	0,83	0,84
	Veranópolis												
a	1,01	0,98	1,00	1,07	1,06	1,04	1,06	1,05	1,07	1,07	1,03	1,02	
b	-1,43	-0,94	-1,42	-2,40	-2,07	-1,80	-1,91	-1,83	-2,13	-2,3	-1,79	-1,67	
R <sup>2</sup>	0,88	0,90	0,89	0,92	0,95	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	
GRUPO 2	Rio Grande												
	a	1,05	0,83	0,83	0,94	0,85	0,79	0,84	0,96	0,93	1,00	0,92	0,96
	b	-3,47	1,05	0,63	-1,64	-0,63	-0,30	-0,88	-2,13	-1,96	-2,38	-1,12	-1,91
	R <sup>2</sup>	0,60	0,49	0,50	0,57	0,65	0,60	0,68	0,70	0,60	0,61	0,61	0,57
	Santa Rosa												
	a	0,86	0,95	1,08	1,08	1,16	1,06	1,05	1,04	1,02	0,99	0,91	0,91
	b	0,96	-0,62	-3,63	-3,30	-4,23	-2,60	-2,77	-2,64	-2,50	-2,35	-0,94	-0,85
	R <sup>2</sup>	0,69	0,74	0,78	0,83	0,87	0,89	0,89	0,87	0,84	0,79	0,74	0,70
	Uruguaiana												
a	1,01	0,78	0,99	1,05	1,02	1,06	1,06	1,04	1,04	0,87	0,97	0,90	
b	-1,70	5,77	-1,57	-2,44	-2,24	-2,96	-2,66	-2,54	-2,60	-0,52	-0,95	0,39	
R <sup>2</sup>	0,80	0,77	0,80	0,88	0,87	0,90	0,93	0,89	0,85	0,64	0,76	0,60	
GRUPO 3	Maquiné												
	a	0,83	0,77	0,67	0,69	0,94	1,07	1,03	1,04	1,00	0,97	0,92	0,89
	b	1,08	2,21	3,45	1,77	-2,08	-3,32	-3,12	-3,09	-2,79	-2,60	-1,63	-0,64
	R <sup>2</sup>	0,69	0,68	0,58	0,65	0,80	0,93	0,94	0,91	0,88	0,87	0,84	0,78
	São Gabriel												
	a	0,89	0,94	0,94	1,03	1,10	1,06	1,04	1,03	0,99	0,94	0,91	0,87
	b	-0,46	-1,35	-1,63	-3,42	-4,36	-3,81	-3,55	-3,45	-3,07	-2,27	-1,68	-0,70
	R <sup>2</sup>	0,84	0,84	0,89	0,91	0,93	0,92	0,92	0,93	0,89	0,89	0,85	0,76
	Rio Grande do Sul												
a	0,91	0,85	0,97	0,94	1,00	1,01	0,99	1,00	0,98	0,94	0,91	0,90	
b	-0,21	1,04	0,27	-1,14	-2,15	-2,25	-2,06	-2,08	-1,95	-1,42	-0,53	-0,38	
R <sup>2</sup>	0,71	0,68	0,71	0,76	0,84	0,87	0,88	0,86	0,84	0,78	0,77	0,69	

estações meteorológicas a medida da temperatura mínima de relva não é feita e por meio do seu uso é possível estimá-la a partir da temperatura mínima do ar, que é uma medida obtida comumente.

Os valores de  $a$ , inclinação da equação de regressão, em todas as localidades, ficaram em torno de 1, mostrando que variações na temperatura do ar a 1,5m de altura ocorrem em resposta a variações na temperatura próximo a superfície. Já os valores de  $b$ , (intercepto) foram mais variáveis, ficando compreendidos entre  $-5,0$  e  $6,0$ , sendo que na maioria das localidades esses valores foram negativos.

Os coeficientes de determinação apresentaram valores altos e todos significativos a 95% de probabilidade, o que demonstra um bom ajuste dos dados. Os valores de  $R^2$  variaram de 0,49 em Rio Grande, no mês de fevereiro, a 0,96 em Veranópolis, no mês julho. O mês de março foi o que apresentou com maior frequência os menores coeficientes de determinação. Já o mês de julho, freqüentemente, apresentou os maiores valores. Os coeficientes das equações ajustadas são muito próximos dos verificados por HELDWEIN (1988), em Santa Maria, que obteve valores de  $R^2$  variando de 0,80 a 0,88.



**Figura 4.** Regressão linear entre a temperatura mínima do ar medida no abrigo e a temperatura mínima do ar na relva, para o mês de junho em Veranópolis (A) e fevereiro em Rio Grande (B).

Novamente, Rio Grande foi à única localidade que se diferenciou. Nessa estação meteorológica houve uma maior dispersão dos dados, conseqüentemente, os valores dos coeficientes de determinação foram mais baixos, variando de 0,49 em fevereiro a 0,70 em agosto. OLIVEIRA (1997), também obteve a pior correlação entre Tar e Trel para esta localidade.

Na Figura 4 observam-se os gráficos de dispersão entre a temperatura mínima do ar no abrigo e a mínima do ar na relva, nas localidades que obtiveram o melhor e o pior coeficiente de determinação, Veranópolis em julho (0,96) e Rio Grande em fevereiro (0,49).

Usando todas as estações estudadas o coeficiente de determinação das equações ajustadas entre a temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva variou de 0,68 em fevereiro a 0,88 em julho e os valores de a e b ficaram próximos dos observados para cada localidade separadamente. Na Figura 5, como exemplo, são apresentados os diagramas de dispersão e as equações para os meses centrais de cada estação do ano (janeiro, abril, julho e outubro).

O teste das equações de estimativa da Trel a partir da Tar usando dados independentes (Tabela 4) mostrou coeficientes de correlação também altos

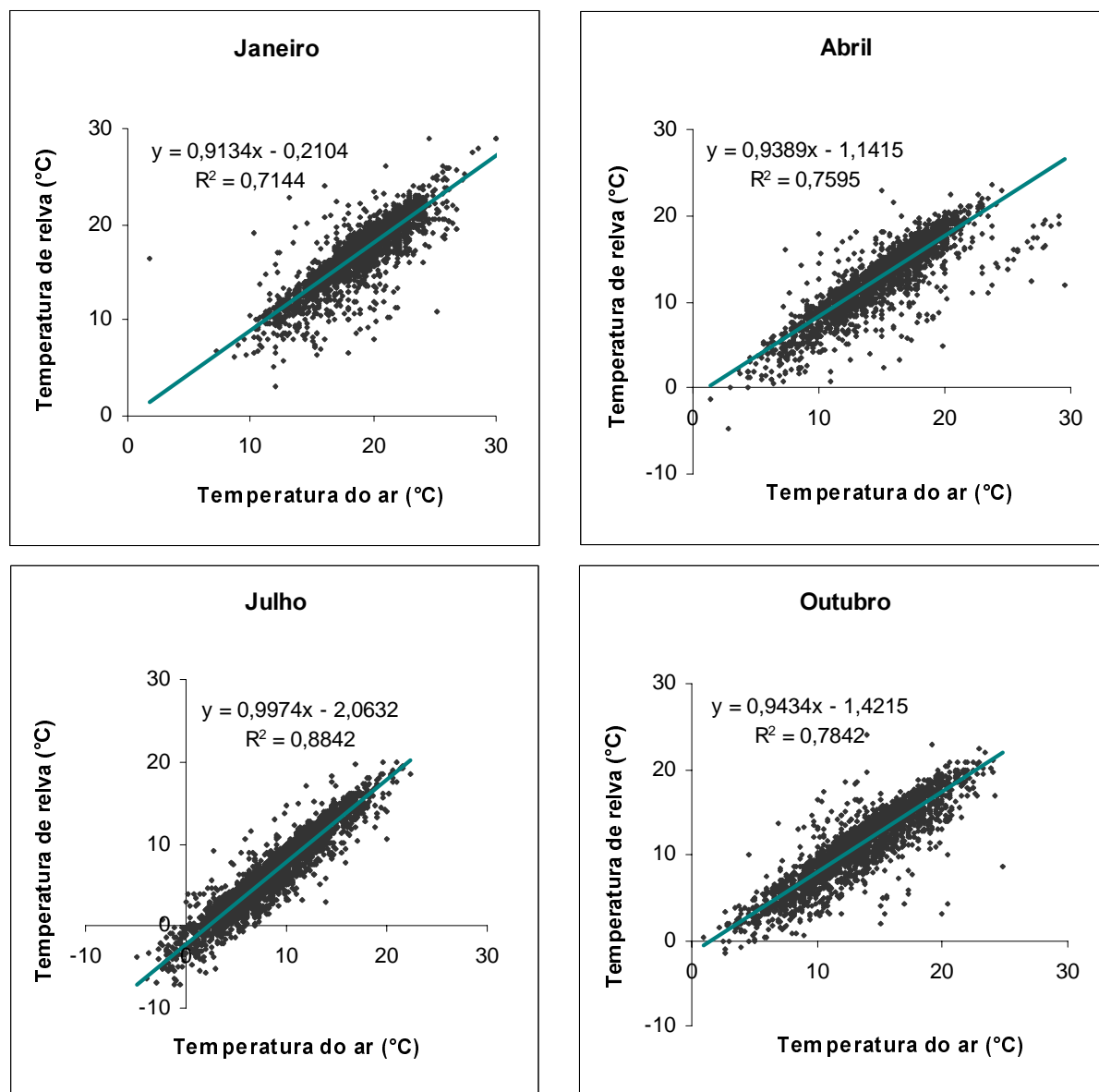
e significativos. Os testes foram realizados utilizando tanto as equações específicas de cada mês quanto utilizando as equações representativas de cada estação e os resultados obtidos foram os mesmos. Nos testes com as equações para o conjunto de todas as localidades e com as equações para cada localidade também foram encontrados os mesmos coeficientes de correlação. Em Taquari, que não participou da estimativa das equações, o teste foi feito a partir das equações para o conjunto de todas as localidades a correlação entre a temperatura estimada e a observada foi significativa.

### Conclusões

A magnitude das diferenças entre a temperatura mínima do ar e a temperatura mínima de relva, que em média é de 2°C, sofre influência da época do ano. As menores diferenças médias ocorrem nos meses de verão, principalmente fevereiro, enquanto as maiores diferenças estão relacionadas aos meses de inverno e primavera.

Os coeficientes de determinação das equações de regressão linear entre a Tar e a Trel apresentaram valores altos e significativos a 95% de probabilidade. Em ausência da temperatura mínima de relva, esta pode ser estimada através das equações de regressão linear ajustadas neste trabalho.





**Figura 5.** Regressão linear entre a temperatura mínima do ar medida no abrigo e a temperatura mínima do ar na relva, para os meses de janeiro, abril, julho e outubro, para o Estado do Rio Grande do Sul (1980-1990).

**Tabela 4.** Coeficientes de correlação entre os valores da temperatura mínima de relva estimados e os valores observados, utilizando as equações para cada localidade (r) e para o estado inteiro (r/est).

Ano	Meses	r	r/est	Ano	Meses	r	r/est
<b>Encruzilhada do Sul</b>				<b>Uruguaiana</b>			
1999	Janeiro	0,94	0,94	1999	Janeiro	0,95	0,95
1999	Fevereiro	0,97	0,97	1999	Outubro	0,93	0,93
1999	Março	0,95	0,95	1999	Novembro	0,96	0,96
1999	Abril	0,96	0,96	1999	Dezembro	0,95	0,95
1999	Maio	0,88	0,88	2000	Janeiro	0,98	0,98
1999	Junho	0,95	0,95	2000	Março	0,99	0,99
1999	Julho	0,96	0,96	2000	Abril	0,97	0,97
1999	Agosto	0,94	0,94	2000	Maio	0,91	0,91
1999	Setembro	0,93	0,93	2000	Junho	0,90	0,90
2000	Janeiro	0,94	0,94	2000	Julho	0,89	0,89
2000	Fevereiro	0,89	0,89	2000	Agosto	0,94	0,94
2000	Março	0,94	0,94	2000	Setembro	0,94	0,94
2000	Abril	0,88	0,88	<b>Veranópolis</b>			
2000	Maio	0,93	0,93	1999	Janeiro	0,96	0,96
<b>São Gabriel</b>				1999	Fevereiro	0,71	0,71
1991	Janeiro	0,96	0,96	1999	Março	0,98	0,98
1991	Fevereiro	0,97	0,97	1999	Abril	0,99	0,99
1991	Março	0,77	0,77	1999	Maio	0,99	0,99
1991	Abril	0,96	0,96	1999	Junho	0,69	0,69
1991	Maio	0,95	0,95	1999	Julho	0,94	0,94
1991	Junho	0,96	0,96	1999	Agosto	0,93	0,93
1991	Julho	0,83	0,83	<b>Taquari</b>			
1991	Agosto	0,93	0,93	1990	Janeiro	-	0,94
1991	Setembro	0,97	0,97	1990	Fevereiro	-	0,94
1991	Outubro	0,98	0,98	1990	Março	-	0,98
1991	Novembro	0,95	0,95	1990	Abril	-	0,97
1991	Dezembro	0,93	0,93	1990	Maio	-	0,96
1992	Janeiro	0,95	0,95	1990	Junho	-	0,96
1992	Fevereiro	0,96	0,96	1990	Julho	-	0,98
1992	Março	0,99	0,99	1990	Agosto	-	0,94
1992	Abril	0,97	0,97	1990	Setembro	-	0,97
1992	Maio	0,99	0,99	1990	Outubro	-	0,94
1992	Junho	0,96	0,96	1990	Novembro	-	0,93
1992	Julho	0,84	0,84	1990	Dezembro	-	0,97
1992	Agosto	0,94	0,94	1999	Outubro	-	0,93
				1999	Novembro	-	0,96
				1999	Dezembro	-	0,95

### Referências Bibliográficas

- BOOSTMA, A. Estimating grass minimum temperatures from screen minimum values and other climatological parameters. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 16, p. 103-113, 1976a.
- BOOSTMA, A. Estimating minimum temperature and climatological freeze risk in hilly terrain. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 16, p. 425-443, 1976b.
- BOOSTMA, A. **Frost risk survey of Prince Edward Island**. Ottawa, Canadá: P.E.I. Department of Agriculture and Forestry, 1980.
- DELLA MAGGIORA, A. I., IRIGOYEN E., GARDIOL, J. M. et al. Estimación de temperaturas mínimas en la localidad de Balcarce. In: REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA, 7, 1997, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires: Asociación Argentina de Agrometeorologia, 1997, p. 1-2.
- FIGUEIROLA, P. I., MAZZEO, N. A. Disminución nocturna de la temperatura a la altura de la casilla meteorológica. In: REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA, 7, 1997, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires: Asociación Argentina de Agrometeorologia, 1997, p. 33-34.
- GRODZKI, L., CARAMORI, P. A., BOOTSMA A. et al. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 213-220, 1996.
- HELDWEIN, A. B., ESTEFANEL, V., MANFRON, P. A. et al. Análise das temperaturas mínimas do ar registradas em Santa Maria, RS. I - Estimativa das temperaturas mínimas do ar a 5cm do solo relvado e solo desnudo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 3-14, 1988.
- OLIVEIRA, H. T. **Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1997. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- SENTELHAS, P. C., ORTOLANI, A. A., PEZZOPANE, J. R. M. Diferença de temperatura entre o abrigo e a relva, em noites de geada, no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 437-445, 1995.
- SENTELHAS, P. C., ORTOLANI, A. A., PEZZOPANE, J. R. M. Estimativa da temperatura mínima de relva e da diferença entre o abrigo e a relva em noites de geada no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9, 1996, Campos do Jordão. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996. p. 228-231.
- SILVA, J. G., SENTELHAS, P. C. Diferença de temperatura mínima do ar no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geada no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria v. 9, p. 9-15, 2001.