

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.

Recebido para publicação em 22/09/95. Aprovado em 07/03/96.

ISSN 0104-1347

## **RISCOS DE OCORRÊNCIA DE GEADA NO ESTADO DO PARANÁ.**

### **FROST RISK IN PARANÁ STATE, BRAZIL.**

Leocádio Grodzki<sup>1</sup>, Paulo Henrique Caramori<sup>2</sup>, Andy Bootsma<sup>3</sup>, Dalziza de Oliveira<sup>4</sup> e José Gomes<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

A ocorrência de geadas é bastante freqüente no Estado do Paraná, principalmente durante o outono-inverno, causando graves conseqüências para a agricultura. Com o objetivo de caracterizar o regime de geadas, foram estabelecidas correlações entre os dados de temperatura mínima do ar (T<sub>m</sub>) em abrigo termométrico com os dados de T<sub>m</sub> na relva (a 5 cm da superfície do solo), obtidos em oito estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR. Com base nos resultados, adotou-se T<sub>m</sub> menor ou igual a 3°C como representativa da ocorrência de geadas. Determinou-se o número de dias e a probabilidade de ocorrência de geadas em cada mês, bem como o início e término dos períodos com geada aos níveis de 10, 30, 50 e 70% de probabilidade. Os resultados mostraram que o local com maior média de ocorrências foi Guarapuava (13 geadas por ano), seguido por Clevelândia, Pinhais, Ponta Grossa, Cascavel e Cambará. As estações de Paranavaí e Londrina apresentaram média inferior a duas geadas por ano. Os meses com maior ocorrência de geadas em todos os locais foram junho e julho. Encontraram-se também grandes variações nos períodos livres de geada, que foram de 183 dias (Guarapuava) a 285 dias (Paranavaí) ao nível de 10% de probabilidade. Os maiores períodos livres de geada foram encontrados em Londrina e Paranavaí, seguidos por Cambará e Cascavel. Nas estações ao Sul do Estado, ao nível de 10% de probabilidade, as geadas concentraram-se entre a segunda quinzena de abril e a segunda quinzena de outubro (seis meses), enquanto no Norte elas se concentraram entre a segunda quinzena de maio e a segunda de agosto (três meses).

---

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, M.Sc., IAPAR, Cx.P. 2301, 80001-970 Pinhais - PR.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Ph.D., IAPAR, Cx.P. 481, 86001-970 Londrina - PR.

<sup>3</sup>Agronomist, M.Sc., Agriculture Canada, Ottawa, Canada.

**Palavras-chave:** geada, probabilidade, temperatura mínima, temperatura de relva, risco climático.

## SUMMARY

The occurrence of frosts have been one of the main constraints to the agriculture of Parana State, Brazil. In order to characterize frost occurrence in Paraná, correlation between screen and grass minimum temperatures were established for 8 meteorological stations from IAPAR network. Based on the results, the differential temperature of 3°C was adopted to characterize frost occurrence. A set of computer programs were used to calculate probabilities of occurrence of threshold minimum temperatures, and spring and fall frost dates. The range of frost probabilities varied according to the region of the State. The meteorological stations from the South can have frosts from the second fortnight of April until the second fortnight of October (6 months), at 10% of probability. This risk is reduced as the probability of occurrence increases. In the North, frost is expected from the second fortnight of May to the second fortnight of August (3 months), at the same level of probability.

**Key words:** frost, probabilities, screen minimum temperature, grass minimum temperature, climatic risk.

## INTRODUÇÃO

As geadas no Estado do Paraná ocorrem em função do deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia, propiciando condições para que se verifique a queda da temperatura até o ponto de congelamento interno das plantas (abaixo de 0°C medido próximo ao solo). Este processo se torna bastante freqüente no inverno, causando a ocorrência de geadas inclusive no Norte do Estado, com conseqüências desastrosas para a agricultura paranaense.

As geadas advectivas (também chamadas de geadas negras) ocorrem devido à passagem de massas de ar bastante frio e seco, associadas a ventos fortes de Sul e Sudoeste que resfriam rapidamente plantas e frutos. Podem ocorrer a qualquer hora do dia e não há como tomar medidas preventivas de combate, causando enormes prejuízos para as lavouras atingidas (GARCIA DE PEDRAZA & GARCIA VEGA, 1991).

---

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, M.Sc., IAPAR, Cx.P. 481, 86001-970 Londrina - PR.

As geadas que ocorrem com maior frequência no Estado do Paraná são as de radiação. Formam-se regionalmente, logo após a passagem das frentes frias e sob condições de céu limpo e ausência de ventos. Durante essas noites frias ocorre acentuada perda de calor das superfícies expostas, por radiação, e da camada de ar mais próxima ao solo, que se resfria por condução (CARAMORI & MANETTI, 1993). A baixa condutividade térmica do ar aliada à maior densidade do ar frio provocam a formação de um forte gradiente de temperatura próximo à superfície, denominado de "inversão térmica" (VALLI, 1972). Durante noites típicas de ocorrência de geadas de radiação, é comum observarem-se diferenças de temperatura da ordem de 5°C ou mais entre a superfície do solo e o abrigo termométrico, instalado a 1.5 m de altura (BOOTSMA, 1976 e 1980).

MAACK (1968) organizou as primeiras tabelas de ocorrências de geada no Paraná, concluindo ser julho o mês com maior frequência de eventos, seguido por junho. As séries de dados porém eram bastante incompletas, variando de três a 13 anos. NIMER (1989) apresentou isolinhas do número médio de geadas durante o ano para todo o país, inclusive o Paraná, porém em macroescala e sem definição dos períodos com maior ocorrência.

A caracterização do regime de geadas é de grande aplicabilidade na orientação de extensionistas, agricultores e órgãos governamentais para subsidiar tomadas de decisão e o planejamento agropecuário. Uma das informações imprescindíveis para planejamento é a data de ocorrência da primeira geada de outono e da última geada de primavera. Como elas variam consideravelmente de ano para ano, é então necessário expressá-las na forma de "porcentagens de risco" ou "probabilidades de ocorrência". O conhecimento dessas datas permite definir o período livre de geadas, importante parâmetro para o cronograma de plantio das culturas de verão, outono e mesmo as de inverno.

As determinações da frequência com que ocorrem as geadas no Paraná, contudo, esbarram no fato de as séries de dados de temperatura mínima de relva serem, na maioria das estações meteorológicas, bastante curtas e incompletas. Vários autores têm sugerido a utilização de um valor de temperatura mínima de abrigo que represente a ocorrência de geadas ao nível da relva (HORNSTEIN, 1961; MARCELLOS & SINGLE, 1975; BOOTSMA, 1976). CAMARGO et al (1993) analisaram as probabilidades de ocorrerem temperaturas mínimas absolutas em abrigo meteorológico inferiores a 2 e a 4°C em diversos locais do Estado de São Paulo. Neste trabalho também utilizaram-se séries de temperatura mínima coletada em abrigo meteorológico para estimar o número de ocorrências de geada por ano e as datas de ocorrência das primeiras geadas de outono e das últimas geadas de primavera, visando definir a estação de crescimento e contribuir para o aprimoramento do calendário de plantio das culturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os registros de temperatura mínima obtidos em condições de abrigo (a 1,5 m do solo) e ao nível da relva, referentes a oito estações meteorológicas do Instituto Agrônômico do Paraná, desde o início da série até 1992 (Tabela 1).

Primeiramente buscou-se relacionar os valores de temperatura mínima de relva (TR) com as correspondentes temperaturas mínimas de abrigo (TA), para a definição da temperatura crítica. Visando incluir somente os dias sob domínio de massas polares, foram selecionados os registros de temperatura mínima de abrigo inferiores a 10°C, no período de março a setembro. Procedeu-se ao ajuste dos dados através de regressão linear simples, obtendo-se equações do tipo:

$$TR = a + b \cdot TA_1$$

Definida a temperatura crítica ao nível de abrigo meteorológico abaixo da qual ocorrem geadas de radiação, foram utilizados quatro programas escritos em linguagem Fortran para os cálculos de probabilidade de ocorrência de valores iguais ou inferiores a essa temperatura, sendo eles FROSTMIN, FROSTRNG<sup>5</sup>, FROSTDAY e FROSTPRB<sup>5</sup> desenvolvidos por BOOTSMA & ROYDS (1989), escritos para serem operados de forma interativa. O programa FROSTMIN lê o arquivo de temperaturas mínimas e cria uma matriz com 365 valores de temperatura por ano (366 para o ano bissexto), começando a partir da data especificada pelo usuário. O programa FROSTRNG calcula o número de dias com geada a diferentes níveis de probabilidade empírica e também as frequências de ocorrência para um período escolhido, em que as temperaturas são iguais ou inferiores ao valor crítico. Neste trabalho foram definidos os níveis de probabilidade como sendo de 10%, 30%, 50% e 70%.

Tabela 1 - Localização geográfica e ano de início das séries para os locais estudados.

Local	Latitudo (S)	Longitudo (W)	Altitude (m)	Início da série
Cambará	23°00'	50°02'	450	1957
Cascavel	24°56'	53°26'	760	1973
Clevelândia	26°25'	52°21'	930	1973
Guarapuava	25°21'	51°30'	1020	1973
Londrina	23°22'	51°10'	585	1971
Paranavaí	23°05'	52°26'	480	1975
Pinhais	25°25'	49°08'	930	1970
Ponta Grossa	25°13'	50°01'	880	1954

Determinou-se também a probabilidade para o número de ocorrências de temperaturas iguais

<sup>5</sup>Estes programas podem ser obtidos por solicitação ao primeiro autor.

ou menores à temperatura crítica, através da seguinte expressão:

$$P = 100 \left( 1 - \frac{K}{N+1} \right) \quad 2$$

onde K é o número de ordenação dos valores ( $1 < K < N$ ), N o número de casos estudados e P a probabilidade de que cada valor seja igual ou inferior à temperatura crítica.

A seguir foi utilizado o programa FROSTDAY, que lê os arquivos diários de temperatura mínima, para determinar as primeiras datas de outono e as últimas de primavera em que ocorreram temperaturas iguais ou inferiores ao valor crítico, estabelecendo assim o período livre de geadas, para cada ano estudado. A partir desses dados, o programa FROSTPRB foi utilizado para determinar as probabilidades de ocorrência das primeiras geadas de outono e últimas de primavera, nos níveis de 10%, 30%, 50% e 70%. Assim, por exemplo, ao nível de 10% de probabilidade, tem-se o risco de ocorrer uma ou mais geadas em dez anos, entre a primeira data de outono e a última data de primavera; para 30%, três ou mais geadas em dez anos, e assim por diante.

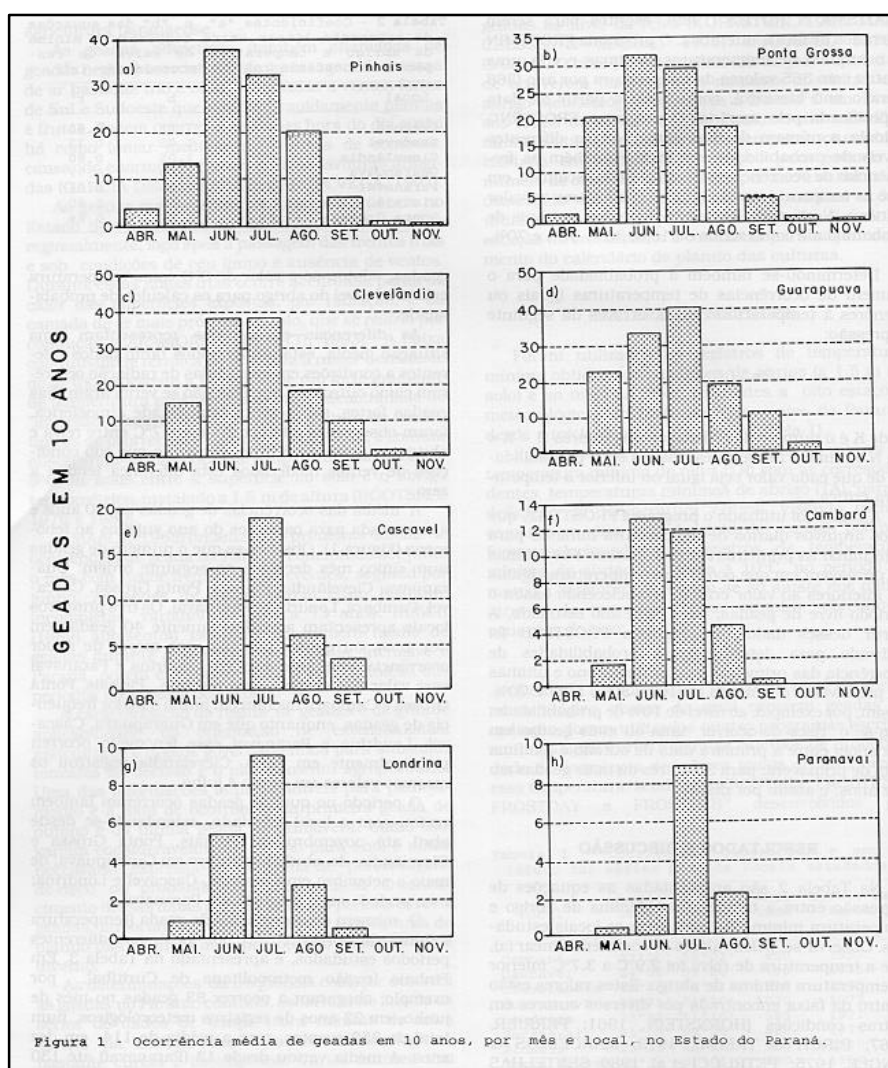
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentadas as equações de regressão entre a temperatura mínima de abrigo e temperatura mínima de relva para os locais estudados. Observa-se, pelos valores de coeficiente linear (a), que a temperatura de relva foi 2.9°C a 3.7°C inferior à temperatura mínima de abrigo. Estes valores estão dentro da faixa encontrada por diversos autores em outras condições (HORNSTEIN, 1961; PERRIER, 1967; BIRCH & TREIDL, 1973; MARCELLOS & SINGLE, 1975; PETRUCCI et al, 1980; SENTELHAS et al, 1995).

Local	a	b	$r^2$
Cambará	-3.67	1.06	0.63
Cascavel	-3.65	1.05	0.77
Clevelândia	-3.40	1.05	0.80
Guarapuava	-3.73	1.00	0.77
Paranavai	-2.87	1.00	0.65
Pinhais	-3.54	1.05	0.80
Ponta Grossa	-3.68	1.07	0.84

Considerando-se que as geadas ocorrem com temperatura mínima de relva igual ou inferior a 0°C e que uma diferença média de 3°C entre relva e abrigo representa com segurança situações onde ocorrem geadas, adotou-se o valor de 3°C como temperatura crítica ao nível do abrigo para os cálculos de probabilidade.

As diferenças encontradas representam uma situação média, estando incluídos tanto dados referentes a condições em que geadas de radiação ocorreram como outros em que elas não se verificaram. Nas geadas fortes, sob perfeita estabilidade atmosférica, foram observadas diferenças de até 7°C entre relva e abrigo no período noturno, enquanto que sob condições de ventos moderados esta diferença tendeu a zero.



A média das ocorrências de geadas em 10 anos é apresentada para os meses do ano sujeitos ao fenômeno (Figura 1). Observa-se que o número de geadas num único mês decresce na seguinte ordem: Guarapuava, Clevelândia, Pinhais, Ponta Grossa, Cascavel, Cambará, Londrina e Paranavaí. Os

três primeiros locais apresentam aproximadamente 40 geadas em dez anos, ou quatro por ano, nos meses de maior ocorrência, enquanto que em Londrina e Paranavaí esse valor não chega a uma por ano. Pinhais, Ponta Grossa e Cambará tiveram em junho a maior frequência de geadas, enquanto que em Guarapuava, Cascavel, Londrina e Paranavaí esse fenômeno ocorreu principalmente em julho. Clevelândia registrou os mesmos valores em junho e julho.

O período no qual as geadas ocorreram também variou com o local estudado, estendendo-se desde abril até novembro em Pinhais, Ponta Grossa e Clevelândia; de abril até outubro em Guarapuava; de maio a setembro em Cambará, Cascavel e Londrina; e no período maio a agosto em Paranavaí.

O número de ocorrências de geada (temperatura mínima de abrigo  $\leq 3^{\circ}\text{C}$ ) por local, nos diferentes períodos estudados, é apresentado na Tabela 3. Em Pinhais (região metropolitana de Curitiba), por exemplo, chegaram a ocorrer 83 geadas no mês de junho, em 22 anos de registros meteorológicos, num total de 252 eventos, com a média de 114 em dez anos. A média variou desde 13 (Paranavaí) até 130 (Guarapuava) geadas em dez anos, podendo-se verificar uma relação direta entre o número de geadas ocorridas e os parâmetros latitude e altitude dos locais.

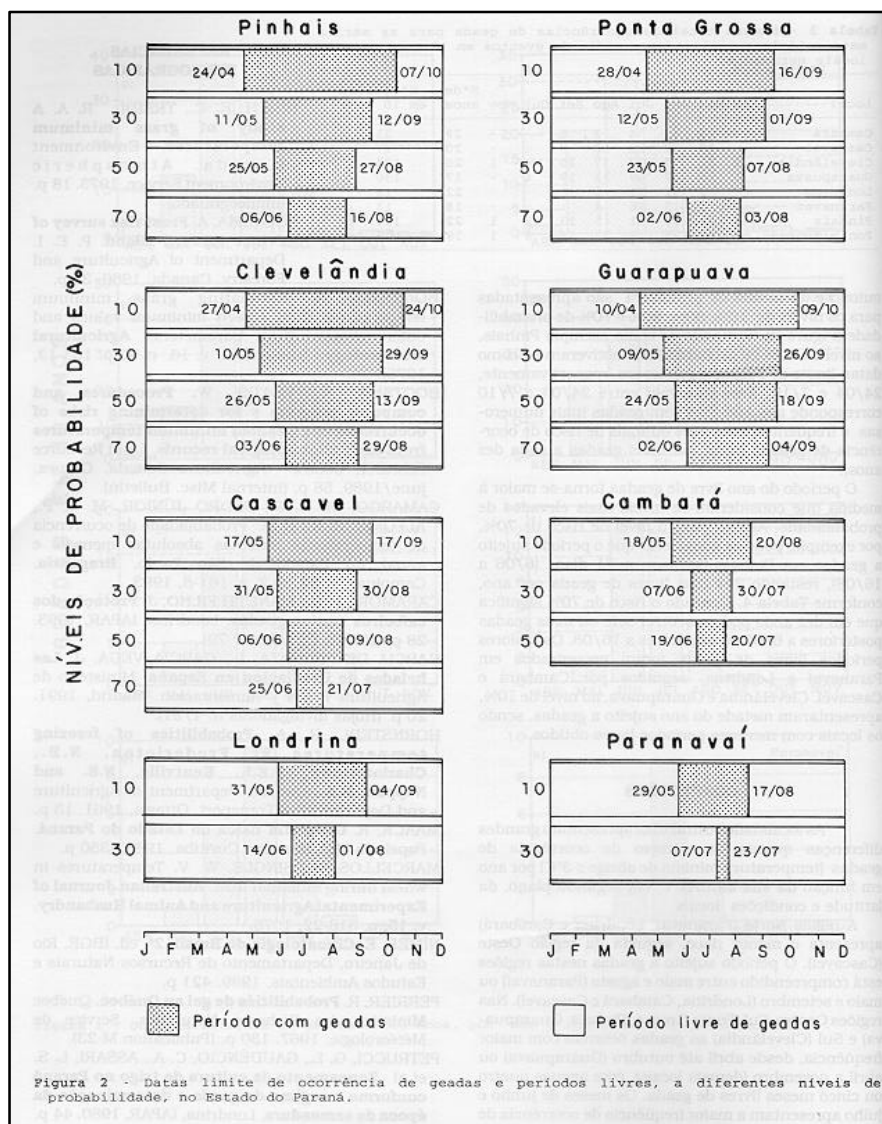
**Tabela 3 - Número total de ocorrências de geada para as séries meteorológicas utilizadas e média de eventos em 10 anos para os locais estudados.**

Local	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Nº de geadas	
									anos	em 10 anos
Cambará	-	5	37	34	13	1	-	-	29	31
Cascavel	-	10	27	38	12	7	-	-	20	47
Clevelândia	2	30	77	77	37	20	4	1	20	124
Guarapuava	1	39	57	69	32	19	4	-	17	130
Londrina	-	2	12	21	6	1	-	-	22	18
Paranavaí	-	1	3	16	4	-	-	-	18	13
Pinhais	8	29	83	71	45	13	2	1	22	114
Ponta Grossa	8	80	125	115	72	19	4	1	39	109

**Tabela 4 - Número de dias com e sem geada para os níveis de 10%, 30%, 50% e 70% de probabilidade, nos locais estudados.**

Local	Nº de dias com geada				Nº de dias livres de geada			
	10%	30%	50%	70%	10%	30%	50%	70%
Cambará	94	53	31	-	271	312	334	365
Cascavel	123	91	64	26	242	274	301	339
Clevelândia	180	142	110	87	185	223	255	278
Guarapuava	182	140	117	93	183	225	248	272
Londrina	96	48	-	-	269	317	365	365
Paranavaí	80	16	-	-	285	349	365	365
Pinhais	166	124	94	71	199	241	271	294
Ponta Grossa	141	112	76	62	224	253	289	303

As datas de ocorrência da primeira geada de outono e da última de primavera são apresentadas para os níveis de 10%, 30%, 50% e 70% de probabilidade (Figura 2). Tomando-se como exemplo Pinhais, ao nível de 10% de probabilidade, obtiveram-se como datas-limite de outono e primavera, respectivamente, 24/04 e 7/10. Esse intervalo entre 24/04 e 7/10 corresponde aos 166 dias com geadas mais numerosas e frequentes, com 10% ou mais de risco de ocorrência de geadas (uma ou mais geadas a cada dez anos).



O período do ano livre de geadas torna-se maior à medida que consideram-se níveis mais elevados de probabilidade. Assim, para o nível de risco de 70%, por exemplo, pode-se considerar que o período sujeito a geadas em Pinhais limita-se a 71 dias (6/06 a 16/08), restando 294 dias livres de geada por ano, conforme Tabela 4. Contudo o risco de 70% significa que em dez anos podem ocorrer sete ou



mais geadas posteriores a 6/06 ou anteriores a 16/08. Os maiores períodos livres de geada foram encontrados em Paranavaí e Londrina, seguidos por Cambará e Cascavel. Clevelândia e Guarapuava, ao nível de 10%, apresentaram metade do ano sujeito a geadas, sendo os locais com menores períodos livres obtidos.

## CONCLUSÕES

As localidades estudadas apresentam grandes diferenças quanto ao número de ocorrência de geadas (temperatura mínima de abrigo  $\leq 3^{\circ}\text{C}$ ) por ano em função da sua altitude e, em segundo plano, da latitude e condições locais.

A região Norte (Paranavaí, Londrina e Cambará) apresenta o menor risco, seguida da região Oeste (Cascavel). O período sujeito a geadas nestas regiões está compreendido entre maio e agosto (Paranavaí) ou maio e setembro (Londrina, Cambará e Cascavel). Nas regiões Centro-Sul (Ponta Grossa, Pinhais, Guarapuava) e Sul (Clevelândia) as geadas ocorrem com maior frequência, desde abril até outubro (Guarapuava) ou abril a novembro (demais locais), com apenas quatro ou cinco meses livres de geada. Os meses de junho e julho apresentam a maior frequência de ocorrência de geadas para todos os locais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRCH, E. C., TREIDL, R. A. **A study of grass minimum temperatures**. Environment Canada. Atmospheric Environment Service, 1973. 18 p. (mimeografado)
- BOOTSMA, A. **Frost risk survey of Prince Edward Island**. P. E. I. Department of Agriculture and Forestry, Canada, 1980, 35 p.
- BOOTSMA, A. Estimating grass minimum temperatures from screen minimum values and other climatological parameters. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 103-13, 1976.
- BOOTSMA, A., ROYDS, W. **Procedures and computer programs for determining risks of occurrence of threshold minimum temperatures from daily climatological records**. Land Resource Research Centre - Agriculture Canada, Ottawa, June/1989. 58 p. (Internal Misc. Bulletin).
- CAMARGO, M. B. P., PEDRO JÚNIOR, M. J. P., ALFONSI, R. R., et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 161-8, 1993.

- CARAMORI, P. H., MANETTI FILHO, J. **Proteção dos cafeeiros contra geadas**. Londrina, IAPAR, 1993. 28 p. (IAPAR. Circular n° 79)
- GARCIA DE PEDRAZA, L., GARCIA VEGA, J. **Las heladas de irradiacion en España**. Ministério de Agricultura Pesca y Alimentacion, Madrid, 1991. 20 p. (Hojas divulgadoras n.º1/91).
- HORNSTEIN, R. A. **Probabilities of freezing temperatures at Fredericton, N.B., Charlottetown, P.E.I., Kentville, N.S. and Nappan, N.S.**. Canada Department of Agriculture and Department of Transport, Ottawa, 1961. 13 p.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Papelaria Max Roesner, Curitiba, 1968. 350 p.
- MARCELLOS, H., SINGLE, W. V. Temperatures in wheat during radiation frost. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 15, p. 818-22, 1975.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª . ed. IBGE, Rio de Janeiro, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 421 p.
- PERRIER, R. **Probabilités de gel au Québec**. Québec Ministère des Richesse Naturelles, Service de Météorologie, 1967. 130 p. (Publication M-23).
- PETRUCCI, G. L., GAUDÊNCIO, C. A., ASSARI, L. S. et al **Zoneamento da cultura de trigo no Paraná conforme o regime de geada e determinação da época de semeadura**. Londrina, IAPAR, 1980. 44 p. (IAPAR. Boletim Técnico, 11)
- SENTELHAS, P. C., ORTOLANI, A. A., PEZZOPANE, J. R. M. Diferença de temperatura entre abrigo meteorológico e a relva, em noites de geada, no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, 1995, Campina Grande, PB. **Anais...**, Campina Grande, PB, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 275-277.
- VALLI, V. J. **Princípios básicos relativos à ocorrência de geadas e sua prevenção**. Ministério da Agricultura / Departamento Nacional de Meteorologia, Rio de Janeiro, 1972. 22 p.