

## DISPONIBILIDADE DE HORAS DE FRIO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL: 1 – OCORRÊNCIA DE VALORES ACUMULADOS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE

### CHILLING HOURS IN THE CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL STATE: 1 – OCCURRENCE OF ACCUMULATED VALUES FOR DIFFERENT LEVELS OF PROBABILITY

Arno Bernardo Heldwein<sup>1</sup> Flavio Miguel Schneider<sup>2</sup> Galileo Adeli Buriol<sup>1</sup>  
Valduino Estefanel<sup>2</sup> Solismar Damé Prestes<sup>3</sup>

#### RESUMO

Determinaram-se as disponibilidades de horas de frio abaixo de 7°C (HF<7) e de 13°C (HF<13) acumuladas até determinada quinzena para níveis de probabilidade de 1, 10, 20, 50, 80, 90 e 99% de 9 locais da região de Santa Maria, RS. As horas de frio diárias foram obtidas dos termogramas ou estimadas por modelos analíticos ou modelos de regressão a partir dos valores das temperaturas mínima, máxima e das 21 horas do ar. Na determinação das probabilidades de ocorrência de horas de frio, foi utilizada uma combinação de duas distribuições, sendo uma discreta para verificar se ocorreram ou não horas de frio na quinzena, e a outra contínua para verificar a quantidade de horas de frio quando estas ocorreram. A disponibilidade de horas de frio acumuladas esperada para determinada probabilidade foi obtida com a função densidade de distribuição gama, que melhor se ajustou à distribuição das probabilidades empíricas. A distribuição normal foi usada apenas nos casos em que o parâmetro "g" da função gama foi maior do que 27,0. Verificou-se que, em pelo menos 50 % dos anos, ocorrem 75 ou mais HF<7 acumuladas até 30 de junho em todos os locais, e que a disponibilidade de frio acumulado de 1º de abril até 15 de setembro em 50% dos anos varia de 200 HF<7 e 1250 HF<13 para Cachoeira do Sul a 490 HF<7 e 1850 HF<13 para Sobradinho. A variabilidade de ano para ano é grande em todos os locais e a diferença relativa entre as disponibilidades dos diferentes locais é proporcionalmente maior para HF<7 do que para HF<13. A disponibilidade de HF<7 acumuladas no mês de abril é muito baixa, porém não deve ser desconsiderada para HF<13, e diminui abruptamente da 1ª para a 2ª quinzena do mês de setembro em todos os locais.

**Palavras-chave:** horas de frio, probabilidade de ocorrência, variabilidade climática, disponibilidades climáticas.

#### SUMMARY

The availability of chilling hours below 7°C (HF<7) and 13°C (HF<13) accumulated every 15 days up to certain date for different levels of probability (1, 10, 20, 50, 80, 90 and 99%) in 9 different locations in the central region of Rio Grande do Sul, was determined. Daily chilling hours were measured with thermographs or estimated by minimum and maximum daily temperatures and temperature at 9 pm adapting an analytical method or by multiple regression analysis. A combination of two distributions was used in order to determine the probability of occurring chilling hours. The first was a discrete distribution employed to verify whether there were chilling hours within the interval of 15 days and the other was a continuous distribution to verify the number of chilling hours when occurring. The availability of accumulated chilling hours expected for a given probability was calculated based on the density of gamma distribution. Normal distribution was used only in few cases in which the "g" parameter of the gamma function was greater than 27. It was observed that at least in one of every two years there are above 75 accumulated HF<7 up to June 30 in all locations. The availability of accumulated chilling hours from April, 1st up to September, 15th in 50% of all years varied from 200 HF<7 and 1250 HF<13 in Cachoeira do Sul to 490 HF<7 and 1850 HF<13 in Sobradinho. It was also observed that the variability of chilling hours occurrence among years is large on all locations and the relative difference among the availability of the different locations is proportionally greater at HF<7 than at HF<13. Availability of accumulated chilling hours during April is very low for HF<7, but it is considerable at HF<13. The number of chilling hours decreases drastically from the first 15 days to the last 15 days of September in all locations.

**Key words:** chilling hours, occurrence probability, climatic variability, climatic disponibilities.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, CCR, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: heldwein@ccr.ufsm.br, bolsista do CNPq. Autores para correspondência.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, MSc., Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM.

<sup>3</sup>Meteorologista, Chefe do 8º Distrito de Meteorologia – INMET – MAA.

## INTRODUÇÃO

A região central do Rio Grande do Sul (RS) caracteriza-se por apresentar grande heterogeneidade de solos, predominância de relevo ondulado e acidentado, com altitude variável de 60m a 550m, o que condiciona a existência de diferentes micro e mesoclimas. A área abrangida por essa região é de aproximadamente 21.600km<sup>2</sup>, em 33 municípios e tem uma população de cerca de 600.000 habitantes. A principal atividade econômica é a agropecuária, desenvolvida na sua maioria em pequenas propriedades rurais, mas mesmo assim, a fruticultura ainda não está expressivamente desenvolvida nesses municípios. Em virtude disso, cerca de 85% das frutas consumidas na região não são produzidas na mesma.

O incremento da fruticultura, principalmente a de clima temperado, que também exige tratamentos culturais no inverno, ocuparia melhor a mão-de-obra ociosa das pequenas propriedades, colaborando para melhorar o desenvolvimento sócio-econômico dos agricultores. Também existe potencial para incremento do mercado, visto que o consumo *in natura* de frutas de espécies de clima temperado ainda é baixo na região.

Com exceção da macieira, para a qual segundo WESTPHALEN & MALUF (1979) a disponibilidade de frio invernal é insuficiente para a quebra da dormência e os verões são muito quentes, o cultivo dessas frutíferas em escala comercial poderá ser técnica e economicamente viável, desde que se identifiquem as áreas mais aptas quanto a clima e solo, preferencialmente para grupo de cultivares, conforme suas exigências.

A insuficiência de frio invernal afeta negativamente o crescimento, o desenvolvimento, a produtividade e a longevidade das frutíferas criófilas (BURGOS & LEDESMA, 1942; PASCALE & ASPIAZÚ, 1965; CAMELATTO, 1990). O frio invernal, quantificado em horas de frio ou tempo em horas que a temperatura do ar permanece abaixo de determinada temperatura base, é o elemento climático mais limitante na região central do RS, principalmente para as espécies criófilas mais exigentes (MOTA *et al.*, 1974). Cada cultivar de cada espécie apresenta sua própria exigência em frio, o que vem sendo verificado desde o trabalho de CHANDLER *et al.* (1937). Para o pessegueiro cultivado na região de Pelotas, a exigência de frio invernal das diferentes cultivares na década de 50, segundo MOTA (1957), variava de 50 a 1200 HF<7 anuais. Para as cultivares recomendadas mais recentemente, a exigência mínima varia de 100 a 600 HF<7 anuais (EMBRAPA, 1984).

A variável "horas de frio" pode ser computada diretamente dos termogramas ou estimada através de diferentes modelos matemáticos, nos quais as variáveis independentes são os dados de temperatura do ar (MARKUS, 1952; MOTA, 1957; HELDWEIN, 1983; ANGELOCCI *et al.*, 1979; PEDRO JUNIOR *et al.*, 1979; POLA & ANGELOCCI, 1993). Para Santa Maria HELDWEIN (1983) ajustou modelos analíticos para estimar HF<7 e HF<13 e HELDWEIN *et al.* (1989) compararam diferentes métodos para estimar horas de frio diárias a partir das temperaturas do ar mínima, máxima e das 21 horas. Concluíram que, além dos modelos analíticos, alguns modelos de regressão também são suficientemente precisos para estimar horas de frio e, para os casos em que se dispõe somente da temperatura mínima e máxima diária, recomendaram a utilização do modelo:

$$HF < TB = a + b T_m + c \{24 (TB - T_m) [0,5(T_{M1} + T_{M2}) - T_m]^{-1}\} \quad (1)$$

onde, a, b e c são coeficientes específicos para cada mês, TB é a temperatura base de 7 ou 13°C, HF<TB é o número diário de horas de frio abaixo de TB, T<sub>m</sub> é a temperatura mínima do dia e T<sub>M1</sub> e T<sub>M2</sub> são, respectivamente, a temperatura máxima dia anterior e do dia em questão.

Já existem trabalhos sobre a disponibilidade de horas de frio no Rio Grande do Sul (WESTPHALEN & MALUF, 1979; DIDONÉ *et al.*, 1987; MOTA, 1992), porém em nível macroclimático. Além disso, não são analisadas as variações de ocorrência de frio de ano para ano, as quais precisam ser conhecidas para que nos anos com frio insuficiente para a quebra de dormência se adotem práticas culturais que amenizem os problemas decorrentes e para que se possa estabelecer a frequência tolerável dessa condição adversa ao processo produtivo. Os trabalhos sobre a variabilidade das temperaturas mínimas absolutas (ESTEFANEL *et al.*, 1978) no Rio Grande do Sul, bem como sobre o comportamento das temperaturas mínimas diárias do ar (BURIOL *et al.*, 1989) e das temperaturas máximas diárias do ar (ESTEFANEL *et al.*, 1994) para Santa Maria, permitem inferir que existe, também, grande variabilidade de horas de frio de ano para ano. É portanto necessário que se determine a probabilidade de ocorrência de frio acumulado até determinadas datas de cada local, para que se possa ter êxito na exploração dos pomares.

O objetivo deste trabalho foi determinar as probabilidades de ocorrência de totais de horas de frio com temperatura menor do que 7 e 13°C acumuladas até determinada data nos sete meses mais frios do ano em diferentes localidades da região central do RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para os sete meses mais frios do ano (abril a outubro), foram utilizados os dados diários de leitura direta da temperatura do ar e os valores de horas de frio com temperatura menor do que 7,0 e 13,0°C dos termogramas disponíveis, referentes aos dias em que  $T_m$  foi menor ou igual a 13°C, bem como as do dia anterior. As coordenadas geográficas das estações meteorológicas ou postos de observação termopluiométrica, bem como o período e os dados utilizados dos diferentes locais, constam da tabela 1.

Os dados de cada local foram listados, conferidos com os originais e submetidos a análises de homogeneidade (OMETTO, 1981) e de consistência. A análise de consistência foi feita pelo teste dos dados de temperatura, considerando-se os seguintes critérios: (a) a temperatura mínima ( $T_m$ ) é menor que a temperatura máxima do dia ( $T_{M2}$ ), temperatura das 9 ( $T_9$ ) e das 15 horas do dia ( $T_{15}$ ) e temperatura das 21 horas do dia anterior ( $T_{21}$ ); (b) a temperatura máxima do dia ( $T_{M2}$ ) é maior que a temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura das 9 ( $T_9$ ) e das 15 horas do dia ( $T_{15}$ ) e temperatura das 21 horas do dia anterior ( $T_{21}$ ); (c) a temperatura máxima do dia anterior ( $T_{M1}$ ) é maior que a temperatura das 21 horas do dia anterior ( $T_{21}$ ); (d) a temperatura das 9 horas ( $T_9$ ) é menor que a das 15 horas do dia ( $T_{15}$ ). Os dados que não se enquadraram nesses critérios foram verificados um a um quanto a sua validade, considerando, inclusive, a variação da temperatura do ar nas estações adjacentes.

A obtenção das horas de frio a partir dos termogramas seguiu os critérios adotados por HELDWEIN (1983). O total diário abaixo de 7,0°C ( $HF < 7$ ) e de 13,0°C ( $HF < 13$ ) de cada dia (n) foi computado no intervalo entre 15 horas do dia anterior (n-1) e 15 horas do dia (n) em questão. Foram consideradas as correções de temperatura nos termogramas, tomando-se como referência os dados de leitura direta feita com termômetros. Para os períodos e locais em que não se dispunha de termogramas, procedeu-se a estimativa das horas de frio através de modelos matemáticos. Quando se dispunha dos dados diários de  $T_m$ ,  $T_{M1}$ ,  $T_{M2}$  e  $T_{21}$ , os valores diários de horas de frio foram calculados através de modelos analíticos adaptados por HELDWEIN (1983) para Santa Maria, RS. Para períodos e/ou locais em que se dispunha apenas da temperatura mínima e máxima do ar, os valores diários de horas de frio foram estimados por um modelo de regressão múltipla (equação 01), utilizando os parâmetros mensais, determinados por HELDWEIN *et al.* (1989) para Santa Maria, RS.

Nas situações em que as horas de frio não puderam ser obtidas de termogramas, as eventuais falhas dos dados de temperatura máxima foram superadas com a utilização da temperatura do ar das 15 horas. Sempre que foram observados períodos de quatro ou mais dias com falhas de dados que impossibilitassem a obtenção das horas de frio por qualquer método, a acumulação das horas de frio para a quinzena foi anulada e para o ano cancelada. Para eventuais falhas com duração de até três dias, adotou-se a seguinte solução: a) quando nos dias que

precederam à falha, a temperatura apresentou-se em ascensão e nos dias anterior e posterior a mesma, a temperatura mínima do ar foi superior a 13,0°C e 7,0°C, computou-se a não ocorrência de horas de frio com temperatura menor do que 13,0 e 7,0°C, respectivamente; b) quando essa condição não foi satisfeita, a estimativa foi feita pela tendência da temperatura do ar no período e a ocorrência de horas de frio nas estações meteorológicas vizinhas.

Os valores diários de  $HF < 7$  e  $HF < 13$  foram totalizados para cada quinzena e acumulados de 1º de abril até 31 de outubro, para cada local.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das estações, período de observação e dados utilizados na determinação das horas de frio para os diferentes locais da região central do Rio Grande do Sul.

Local (Instituição)	Coordenadas Geográficas			Período	Dados Utilizados*
	Lat.(°S)	Long.(°W)	Alt.(m)		
Cacequi (DEPREC)	29°53'	54°49'	119	1969-85	$T_m$ , $T_M$
Cachoeira do Sul (8° DISME)	30°02'	52°53'	60	1944-84	$T_m$ , $T_M$ , $T_{21}$
Júlio de Castilhos (8°DISME)	29°14'	53°40'	543	1944-47**	$T_m$ , $T_M$ , $T_{21}$
Júlio de Castilhos (SAA)	29°13'	53°41'	514	1957-85	$T_m$ , $T_M$ , $T_{21}$
S. Maria - Cidade (8°DISME)	29°45'	53°48'	139	1912-67	$T_m$ , $T_M$ , $T_{21}$ , $T_e$
S. Maria - UFSM (8°DISME)	29°42'	53°42'	95	1968-92	$T_m$ , $T_M$ , $T_{21}$ , $T_e$
S. Maria - P. Fincado (DEPREC)	29°50'	54°20'	204	1954-84	$T_m$ , $T_M$
São Gabriel (8° DISME)	30°20'	54°18'	130	1944-76	$T_m$ , $T_M$
São Gabriel (DEPREC)	30°20'	54°18'	123	1956-85	$T_m$ , $T_M$ , $T_{21}$
São Sepé (DEPREC)	30°10'	53°34'	102	1953-84	$T_m$ , $T_M$
Sobradinho (DEPREC)	29°25'	53°02'	400	1954-81	$T_m$ , $T_M$ , $T_{21}$

\*  $T_m$  = Temperatura mínima diária do ar;  $T_M$  = Temperatura máxima diária do ar;  $T_{21}$  = Temperatura do ar às 21 horas;  $T_e$  = Registro da temperatura em termograma; DEPREC = Departamento de Portos, Rios e Canais; 8° DISME = Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia; SAA = Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul;

\*\* Série de dados agregada à série da SAA para fins de análise.

Na determinação das probabilidades de ocorrência de horas de frio, utilizou-se um modelo matemático formado pela combinação de duas distribuições (THOM, 1959). Uma das distribuições é discreta e indica se ocorreram ou não horas de frio no período. A outra é contínua e indica a quantidade de horas de frio nos períodos com ocorrência desse índice.

A disponibilidade (D) de horas de frio esperada com probabilidade  $\alpha$  é dada pela expressão:

$$p \int_{\text{zero}}^D f(x) dx = 1 - \alpha \quad (2)$$

sendo "p" a probabilidade de ocorrer horas de frio dada por  $p = k(n+1)^{-1}$ , onde "k" é o número de anos em que ocorreram horas de frio dos "n" anos estudados e  $f(x)$  indica a função densidade da distribuição da quantidade de horas de frio nos anos em que ocorreram.

Para verificar a qual  $f(x)$  os valores de horas de frio ( $HF < 7$  e  $HF < 13$ ) acumuladas até cada quinzena melhor se ajustavam, foram testados os modelos de distribuição normal com os valores na forma original e na forma transformada por extração da raiz cúbica ( $x_i^{0,3333}$ ) e de distribuição pela função gama (VIVALDI, 1973). Para verificar a aderência dos dados à distribuição normal, aplicou-se teste de Lilliefors e, para a função gama, o teste de Kolmogorov-Smirnov (CAMPOS, 1983). As probabilidades empíricas foram obtidas por  $p = m(n+1)^{-1}$ , onde "m" é o número de ordem dos dados em ordenação crescente.

Pela utilização do modelo de distribuição normal, as disponibilidades de horas de frio possíveis de ocorrerem nas diversas probabilidades ( $P_i$ ) foram obtidas através de:

$$D_i = x + (z_i)(s), \quad (3)$$

onde "x" e "s" são a média e o desvio-padrão das disponibilidades de horas de frio acumuladas, respectivamente, e " $z_i$ " é a abscissa da curva normal correspondente à probabilidade " $P_i$ " (BURIOL *et al.*, 1980).

A probabilidade de ocorrência de horas de frio ( $HF < 7$  e  $HF < 13$ ) acumuladas até determinada quinzena foi calculada pela função gama, que foi a distribuição teórica estudada a que a distribuição das probabilidades empíricas melhor se ajustou. Somente para as últimas quinzenas, quando para  $HF < 13$  os valores do parâmetro "g" da função gama foram maiores do que 27, por limitação do computador, a probabilidade foi calculada com o ajustamento da probabilidade empírica à curva nor-

mal que nestes casos, mostrou ter bom ajustamento. Obtiveram-se, então, tabelas de horas de frio ( $HF < 7$  e  $HF < 13$ ) acumuladas até cada quinzena, para os níveis de 1, 10, 20, 50, 80, 90 e 99% de probabilidade de ocorrência para os 9 locais, com as quais foram traçadas as curvas de acumulação de frio ao longo dos sete meses mais frios para os diferentes níveis de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1, são apresentados os valores médios quinzenais acumulados do número de horas de frio com temperatura menor do que 7°C e 13°C, para as probabilidades de ocorrência de 20 ( $P > 20$ ), 50 ( $P > 50$ ) e 80% ( $P > 80$ ) dos anos. Verifica-se que, tanto para  $HF < 7$  como para  $HF < 13$ , ocorre um nítido aumento dos valores até 15/5 e 15/6 para os locais mais frios (Sobradinho e Julio de Castilhos, respectivamente) e até 30/6 para locais menos frios, como Cachoeira do Sul, Santa Maria, Pau Fincado e Cacequi. Pode-se observar também que, com exceção de Sobradinho, para a probabilidade de 50% nas duas quinzenas do mês de abril, o número de  $HF < 7$  é menor do que 10 horas. Estudos de quantificação do frio que se baseiam apenas nesse parâmetro, provavelmente, transmitiriam a idéia de que o mês de abril não contribui para a quebra da dormência. MOTA (1992), por exemplo, somente considerou as  $HF < 7$  dos meses de maio a setembro, sendo o cálculo baseado apenas na temperatura média do mês de julho e, portanto, passível de apreciáveis erros, uma vez que a aperiodicidade das temperaturas mínimas do ar é considerável como demonstram BURIOL *et al.* (1989).

O número de  $HF < 13$  é nitidamente maior do que  $HF < 7$  e, portanto, deve ser considerado, porque não só é benéfico para quebrar a dormência das gemas já formadas, conforme mostram os trabalhos de EREZ & LAVEE (1971), RICHARDSON *et al.* (1974), GILREATH & BUCHANAN (1981) e SHALTOUT & UNRATH (1983), como também para acelerar a formação daquelas que ainda não completaram sua formação (WERNKE, 1988).

Observa-se também que há um decréscimo muito acentuado da ocorrência de horas de frio da primeira para a segunda quinzena de setembro, principalmente para  $HF < 7$ , em todos os locais. Para o local mais frio (Sobradinho) e o mais quente (Cachoeira do Sul), o número de  $HF < 13$  perfaz em média apenas 25% e 14%, respectivamente, do tempo total máximo possível de 360 horas nestes últimos quinze dias de setembro, e corresponde apenas a 4,8% e 3,6% do total anual de  $HF < 13$ , respec-

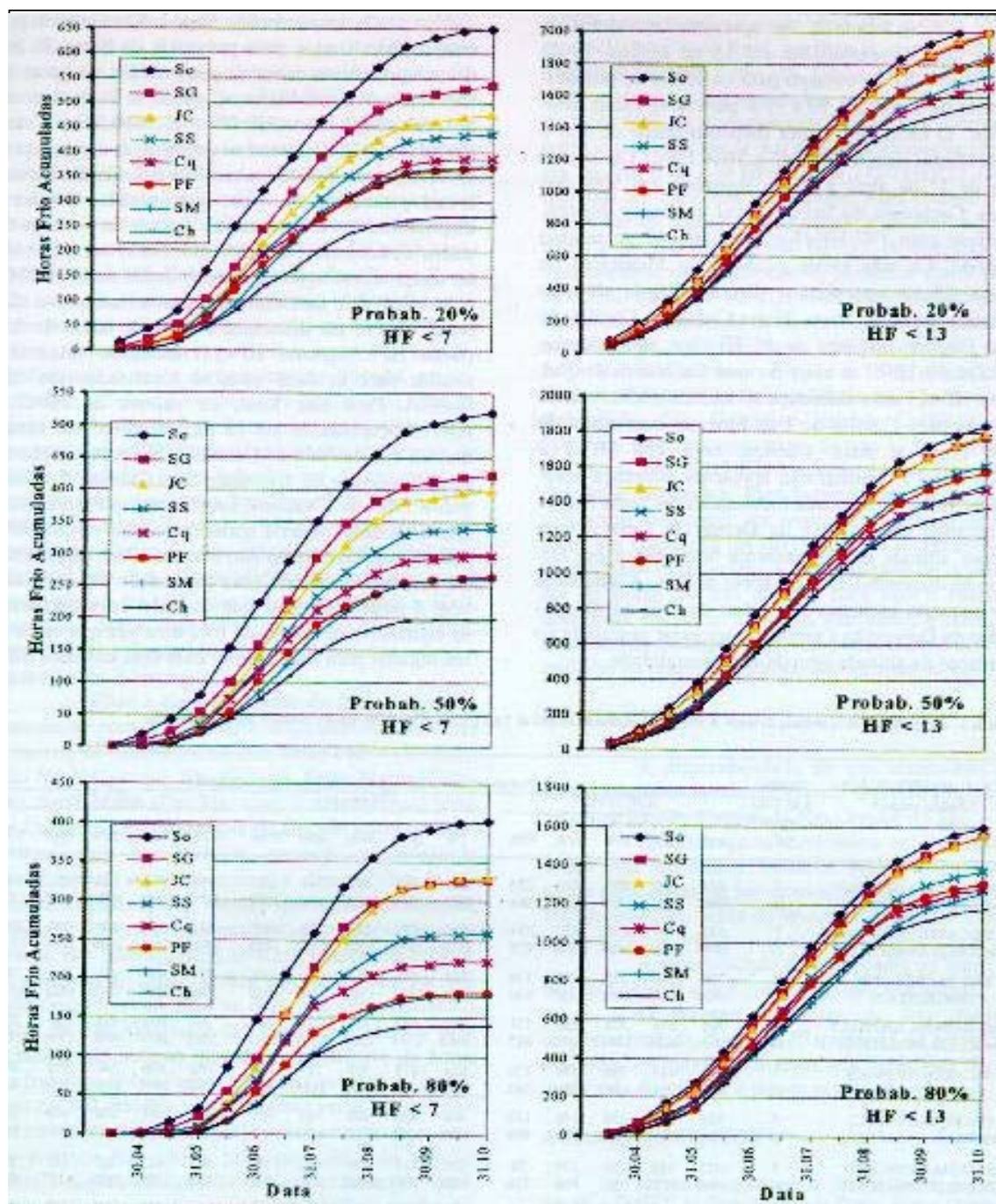


Figura 1 - Horas de frio abaixo de 7°C (HF < 7) e de 13°C (HF < 13) acumuladas até determinada data para os níveis de probabilidade de 20, 50 e 80%, em 8 locais da Região Central do Rio Grande do Sul (Ch = Cachoeira do Sul; Cq = Cacequi; SG = São Gabriel; SS = São Sepé; So = Sobradinho; JC = Júlio de Castilhos; PF = Pau Fincado; SM = Santa Maria, Universidade).

tivamente. Para HF < 7, nessa quinzena, ocorrem apenas 3,3% e 0,2% do total anual, respectivamente. Isso significa que para as gemas que não tiveram a dormência quebrada até 15 de setembro é prática-

mente improvável que isso ainda ocorra a partir dessa data. Por essa razão é que foi dada maior ênfase na análise dos resultados relativos ao acúmulo de horas de frio até 15 de setembro.

Na tabela 2, são apresentados valores de horas de frio acumuladas até 15 de agosto, 15 de setembro e 31 de outubro para os níveis de probabilidades de 1, 10, 50, 90 e 99% para nove locais estudados. O local com maior disponibilidade de frio é Sobradinho com 490 HF<7 e 1630 HF<13 acumuladas de 1º de abril a 15 de setembro em 50% dos anos. Cachoeira do Sul é o local de menor disponibilidade com 197 HF<7 e 1250 HF<13 no mesmo período. Os três locais situados no Município de Santa Maria apresentam disponibilidade de frio idêntica entre si. Santa Maria-Cidade e Coxília do Pau Fincado dispõem de 55 HF<7 e Santa Maria-UFSM 80 HF<7 a mais do que Cachoeira do Sul. Para HF<13 essa diferença se mantém, aumentando apenas para Coxília do Pau Fincado com cerca de 150 horas a mais. Cacequi com 288 HF<7 e 1328 HF<13 também não apresenta diferença apreciável em relação às três localidades de Santa Maria, mostrando que a faixa da Depressão Central com menor altitude é relativamente homogênea em termos de disponibilidade de horas de frio. A tendência do pequeno aumento das horas de frio na direção oeste da Depressão Central parece estar vinculada ao aumento da altitude e/ou da continentalidade.

Os locais de São Sepé e São Gabriel, por estarem localizados mais próximos da Serra do Sudeste, apresentam maior disponibilidade de horas de frio do que Santa Maria, Cacequi e Cachoeira do Sul. São Sepé, com 330 HF<7 e 1440 HF<13 acumuladas até 15 de setembro em 50 % dos anos, apresenta uma condição intermediária em relação a todos locais estudados, enquanto que em São Gabriel a disponibilidade é bem maior. Apesar do período de dados obtidos do DEPREC (1956-85) ser defasado no tempo em relação aquele dos dados do 8º DISME (1944-76) e a metodologia para a estimativa das horas de frio ser diferente, o valor de horas de frio (tanto HF<7 quanto HF<13) estimado foi muito similar para as duas estações localizadas em São Gabriel. Para este local, os valores de HF<7 e HF<13 acumulados até 15 de setembro, são semelhantes aos de Júlio de Castilhos. Na comparação da disponibilidade de frio entre São Gabriel, Sobradinho e Júlio de Castilhos, este último, por apresentar maior altitude, deveria apresentar maior disponibilidade, o que no entanto não ocorreu. Para tal fato não foi possível encontrar uma explicação lógica. Também é pouco provável que se tenha cometido erros na estimativa das horas de frio, uma vez que os valores obtidos para São Gabriel com dois métodos dife-

Tabela 2 - Probabilidade de ocorrência de horas de frio com temperatura abaixo de 7 e 13°C, em 9 locais da região Central do Rio grande do Sul.

LOCAL (INSTITUIÇÃO) (Modelo usado)*	TEMPE- RATURA BASE (°C)	Probabilidade (%) de valor acumulado ≥ que o indicado														
		ATÉ 31 / 08					ATÉ 15 / 09					ATÉ 31 / 10				
		1%	10%	50%	90%	99%	1%	10%	50%	90%	99%	1%	10%	50%	90%	99%
SOBRADINHO (DEPREC)	7	823	640	455	310	218	885	688	490	334	235	953	737	520	351	244
(MODELO ANALÍTICO)	13	2032	1796	1499	1202	966	2191	1944	1634	1324	1078	2297	2196	1839	1482	1199
J. DE CASTILHOS (SAA)	7	583	469	353	257	194	610	499	382	284	219	641	524	400	297	229
(MODELO ANALÍTICO)	13	1970	1728	1424	1120	878	2110	1870	1568	1265	1025	2404	2131	1789	1446	1174
SÃO GABRIEL (8ºD)	7	708	546	382	255	176	742	574	404	271	188	777	600	423	284	197
(REGRESSÃO)	13	1954	1727	1442	1157	930	2101	1864	1567	1269	1032	2366	2104	1774	1455	1183
SÃO GABRIEL (DEPREC)	7	701	536	375	250	171	727	573	416	258	204	766	606	428	296	208
(MODELO ANALÍTICO)	13	1869	1638	1368	1098	867	2002	1784	1507	1269	1013	2265	2015	1691	1356	1117
SÃO SEPÉ (DEPREC)	7	591	447	304	196	130	624	477	330	217	147	652	496	341	222	149
(REGRESSÃO)	13	1851	1610	1307	1004	762	1995	1748	1438	1128	881	2263	1976	1616	1256	969
CACEQUI (DEPREC)	7	516	393	270	176	119	566	426	288	184	121	587	441	298	190	125
(MODELO ANALÍTICO)	13	1645	1460	1227	994	809	1790	1585	1328	1071	867	1992	1764	1473	1182	950
S.MARIA-P.FINCADO	7	553	389	239	133	76	595	418	256	142	80	615	432	265	147	84
(MODELO ANALÍTICO)	13	1845	1595	1281	966	716	1997	1595	1402	1071	808	2282	1698	1572	1177	862
S.MARIA-CIDADE(8ºD)	7	568	397	238	128	70	612	427	254	136	74	625	438	263	142	78
(TERMOGR./MOD.AN.)	13	1871	1505	1169	888	694	1905	1643	1314	986	724	2136	1854	1499	1145	862
S.MARIA-UFSM (8ºD)	7	502	381	260	168	112	537	407	279	180	120	566	426	289	186	123
(TERMOGR./MOD.AN.)	13	1694	1476	1202	1090	710	1835	1601	1308	1014	780	2023	1775	1463	1335	903
CACHOEIRA DO SUL (8ºD)	7	410	295	186	108	64	432	311	197	115	68	435	314	199	116	69
(MODELO ANALÍTICO)	13	1614	1408	1148	889	682	1718	1510	1248	988	779	1893	1661	1371	1080	849

\* Modo de obtenção das horas de frio; MOD.AN. = Modelo analítico; 8ºD = 8º DISME = Oitavo Distrito de Meteorologia – INMET;  
DEPREC = Departamento de Portos, Rios e Canais; SAA = Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul.



rentes com os dados de duas estações meteorológicas distintas não diferiram entre si, e os obtidos para Júlio de Castilhos pelo método analítico não são menores que o obtido por DIDONÉ *et al.* (1987) para o mesmo local a partir de termogramas.

Ao comparar-se os atuais resultados com os obtidos por DIDONÉ *et al.* (1987) para o período de maio a setembro, verifica-se que, no presente trabalho, o total de HF<7 acumulado de 1º de abril até 30 de setembro foi cerca de 130, 90 e 20 horas superior para São Gabriel, Júlio de Castilhos e Santa Maria, respectivamente. Dois fatos podem ter contribuído para essas diferenças: (a) as correções nos termogramas (que na maioria das vezes é no sentido de diminuir o valor de temperatura traçado, principalmente próximo à temperatura mínima) na cotação direta das horas de frio, bem como para a obtenção dos modelos analíticos e de regressão; (b) a série de dados utilizados neste trabalho ser de um período cerca de três vezes mais longo que os 10 anos utilizados por DIDONÉ *et al.* (1987), que por isso pode apresentar diferenças em relação ao valor real médio, uma vez que a variabilidade de ano para ano é muito alta. A inclusão dos valores referentes a abril, com duas, oito e zero HF<7 para Júlio de Castilhos, São Gabriel e Santa Maria, respectivamente, não é a causa dessas diferenças.

Caso a disponibilidade de frio tivesse alta correlação com a altitude, a disponibilidade de frio cresceria de Cachoeira do Sul, Santa Maria (UFSM), São Sepé, Cacequi, São Gabriel, Santa Maria (Cidade), Santa Maria (Pau Fincado), Sobradinho até Júlio de Castilhos. As diferenças de altitude entre os diferentes locais não tiveram, portanto, a influência teoricamente esperada sobre a disponibilidade de frio na região, o que mostra que além da altitude, possivelmente, a continentalidade, os fatores locais e outros não identificados tiveram grande influência. A comparação entre si dos resultados obtidos por métodos diferentes para as duas estações meteorológicas de São Gabriel e dos resultados obtidos pela aplicação do mesmo método de estimativa de horas de frio para Sobradinho, Júlio de Castilhos e Cachoeira do Sul, mostra que eventuais erros decorrentes da metodologia de estimativa de horas de frio, provavelmente não são a principal causa de relação entre a disponibilidade de frio e a altitude. De qualquer forma, seria recomendável analisar profundamente um a um todos os valores diários de horas de frio referentes a Sobradinho, Júlio de Castilhos, São Gabriel e Cacequi num trabalho posterior para tentar elucidar as causas da obtenção desses resultados.

Os dados da tabela 2 também permitem avaliar as situações extremas de risco para a produção. Considerando os níveis de probabilidade de 1%

e 99% como sendo o valor mais alto e mais baixo esperado para cada local, verifica-se que os valores extremos de HF<7 são em média 96% maiores e 57% menores do que o valor médio esperado no nível de 50% de probabilidade. A máxima diferença entre o ano com maior e o ano com menor ocorrência de frio é de 650 HF<7 e de 1110 HF<13 (acumuladas até 15/9) em Sobradinho. Para Cachoeira do Sul, local de menor disponibilidade de frio, a diferença é de 360 HF<7 e 940 HF<13. A diferença da variabilidade entre os locais é, portanto, maior para HF<7 do que para HF<13. Essa variabilidade pode ser melhor visualizada na figura 1, ao se comparar as horas de frio abaixo de 7 e de 13°C acumuladas para as probabilidades de ocorrência de 20% (1 em cada 5 anos), 50% e 80%. Para os locais mais frios, como Sobradinho, São Gabriel e Júlio de Castilhos, em 20% dos anos, ocorrem mais do que 125 a 75 HF<7 e mais do que 200 HF<13 a mais do que na média dos anos analisados. Para locais menos frios essas diferenças diminuem um pouco, atingindo o menor valor em Cachoeira do Sul com cerca de 60 HF<7 e de 170 HF<13. Portanto, a variabilidade de ocorrência de horas de frio de ano para ano é bastante acentuada em todos os locais analisados e deve ser considerada na implantação de pomares de frutíferas criófilas na região Central do Rio Grande do Sul.

## CONCLUSÕES

A disponibilidade de frio acumulado até 15 de setembro apresenta grande diferença entre os locais na Região Central do Rio Grande do Sul.

A diferença relativa entre as disponibilidades nos diferentes locais é proporcionalmente maior para horas de frio com temperatura inferior a 7°C do que para horas de frio com temperatura inferior a 13°C.

A variabilidade de ocorrência de horas de frio de ano para ano é grande em todos os locais.

O número de horas de frio diminui abruptamente da 1ª para a 2ª quinzena de setembro, em todos os locais, indicando que após essa data a quebra de dormência é pouco provável.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Oitavo Distrito de Meteorologia – INMET, ao Departamento de Portos, Rios e Canais e à Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul, pela permissão de utilização dos dados meteorológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L.R., CAMARGO, M.B.P. de, PEDRO JUNIOR, M.J., *et al.* Estimativa do total de horas abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias da temperatura do ar. **Bragantia**, Campinas, v.38, n.4, p.27-36, 1979.

- BURGOS, J.J., LEDESMA, N.R. Anomalias fenológicas en los árboles frutales durante el año 1939. **Rev Argentina Agronomía**, Buenos Aires, v.9, p.295-309, 1942.
- BURIOL, G.A., ESTEFANEL, V., SACCOL, A.V., *et al.* Disponibilidades hídricas possíveis de ocorrerem no Estado do Rio Grande do Sul. **Rev Centro de Ciências Rurais**, v.10 (suplemento), p.1-141, 1980.
- BURIOL, G.A., SACCOL, A.V., SCHNEIDER, F.M., *et al.* Análise das temperaturas mínimas do ar registradas em Santa Maria - RS. III - Caracterização do comportamento das temperaturas mínimas diárias do ar ao longo do ano. **Rev Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v.19, n.1/2, p.93-111, 1989.
- CAMELATTO, D. Dormência em fruteiras de clima temperado. **Rev Horti Sul**, Pelotas, v.1, n.3, p.12-17, 1990.
- CAMPOS, H. de. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4 ed. Piracicaba : ESALQ-USP, 1983. 332p.
- CHANDLER, W. H., KIMBALL, M. H., PHILIP, G. L. *et al.* **Chilling requirements for opening of buds on deciduous trees and some other plants in California**. Berkeley : Calif. Agric. Exp. Station, 1937. 63p. (Bulletin, 611).
- DIDONÉ, I., MALUF, J., *et al.* Regime de horas de frio do Rio Grande do Sul. **Rev Agronomia Sul-Riograndense**, Porto Alegre, v.23, n.2, p.115-129, 1987.
- EMBRAPA. **A cultura do pessegueiro**. Pelotas : EMBRAPA-CNPFT, 1984. 156p. (Circular Técnica, 10).
- EREZ, A., LAVÉE, S. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. **Proc Am Soc for Hort Science**, St. Joseph, v.96, p.711-714, 1971.
- ESTEFANEL, V., BURIOL, G.A., SACCOL, A.V., *et al.* Variabilidade e probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar no estado do Rio Grande do Sul. **Rev Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.8, n.4, p.363-384, 1978.
- ESTEFANEL, V., SCHNEIDER, F.M., BURIOL, G.A. Probabilidade de ocorrência de temperaturas máximas do ar prejudiciais aos cultivos agrícolas em Santa Maria, RS. **Rev Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.57-63, 1994.
- GILREATH, P. R. & BUCHANAN, D. W. Rest prediction model for low-chilling "Sungold" nectarine. **Journal Am Soc for Hort Science**, Mount Vernon / Virginia, v.106, p.426-429, 1981.
- HELDWEIN, A. B. **Avaliação de métodos de estimativa de totais diários de horas de frio para Santa Maria, RS**. Piracicaba, SP, 1983. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, 1983.
- HELDWEIN, A. B., ANGELOCCI, L.R., ESTEFANEL, V. *et al.* Avaliação dos modelos de estimativa de horas de frio para Santa Maria, RS. **Rev Centro e Ciências Rurais**, Santa Maria, v.19, n.1/2, p.45-92, 1989.
- MARKUS, R. Um estudo estatístico dos invernos de Porto Alegre em relação as exigências de frio das frutífera de clima temperado. **Rev Agrônômica**, Porto Alegre, v.16, p.231-248, 1952.
- MOTA, F.S. da. **Os invernos de Pelotas em relação as exigências das árvores frutífera de folha caduca**. Pelotas : Instituto Agrônômico do Sul, 1957. 31p. (Boletim Técnico, 18).
- MOTA, F.S. da. Mapeamento de horas de frio para indicação do cultivo de frutíferas criófilas no Rio Grande do Sul. **Rev Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.83-88, 1992.
- MOTA, F.S. da, BEIRSDORF, M.I.C., ACOSTA, W.A., *et al.* **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas : EMBRAPA / IPEAS, 1974. 122p.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo : Ceres, 1981. 425p.
- PASCALE, A. J., ASPIAZÚ, C. Régimen de horas de frio durante el invierno en Buenos Aires. **Rev de la Facultad de Agronomía y Veterinária de Buenos Aires**, Buenos Aires, v.16, n.11, p.63-82, 1965.
- PEDRO JUNIOR, M. J., ORTOLANI, A. A., RIGITANO, O. *et al.* Estimativa de horas de frio abaixo de 7 e de 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.38, n.13, p.123-130, 1979.
- POLA, A.C., ANGELOCCI, L.R. Avaliação de modelos de estimativa do número diário de horas de frio para o Estado de Santa Catarina. **Rev Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.105-116, 1993.
- RICHARDSON, E.A., SEELEY, S.D., WALKER, D.R., *et al.* A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. **HortScience**, East Lansing, v.9, n.4, p.331-332, 1974.
- SHALTOUT, A.D., UNRATH, C.R. Rest completion prediction model for Starkrimson Delicious apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 108, n.6, p.957-961, 1983.
- THOM, H.C.S. The distributions of freeze date and freeze-free period for climatological series with freezless years. **Monthly Weather Review**, v.87, n.4, p.136-144, 1959.
- VIVALDI, L.J. **Utilização da distribuição gama em dados de chuva**. Piracicaba, SP, 1973. 77p. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, 1973.
- WERNKE, M. **Chilling requirement, induction and breaking the dormancy of pome and stone fruits with special regards to growing conditions in Boyacá / Kolumbien**. Berlin, 1988. 114p. Dissertação (Diploma em Agronomia) - Institut für Nutzpflanzenforschung / Technische Universität Internationale Agrarentwicklung/TU-Berlin, 1988.
- WESTPHALEN, S.L., MALUF, J.R.T. Zoneamento agroclimático da macieira no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5, Pelotas, 1979. **Anais...** Pelotas : Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1979. 1318p., p.315-326.