AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE TOTAIS DIÁRIOS DE HORAS DE FRIO, PARA SANTA MARIA-RS

ARNO BERNARDO HELDWEIN

Orientador: PAULO LEONEL LIBARDI

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia - Área de
Concentração - Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro, 1983

A meus pais e irmãos,

DEDICO

A minha esposa, Elfrida Selma,
razão de minha labuta,

OFEREÇO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Prof. Assistente Doutor Paulo Leonel Libardi, pela orientação e amizade.

Ao Plano Institucional de Capacitação Docente da CAPES, pelo auxílio financeiro.

Aos colegas do Deptº de Fitotecnia do CCR-UFSM, especialmente à Ailo V.Saccol, Flávio M.Schneider, Paulo A.Manfron e Galileo A.Buriol pelo incentivo e por assumirem minhas atividades didáticas possibilitaram meu afastamento da UFSM para a realização do Curso.

Ao Prof. Assistente Luiz Roberto Angelocci pela colaboração, apoio, incentivo e amizade.

Aos Professores do Curso de Agrometeorologia da ESALQ/USP, que pelo seu esforço, experiência e amizade, contribuíram para a minha formação.

Aos funcionários do Deptº de Física e Meteorologia da ESALQ/USP e do Deptº de Fitotecnia da UFSM, pela colaboração e amizade.

À Ana M.P.Gonzales, Antonio J.P. de Carvalho, Engler J.V. Lobato, Hugo J.Braga, Paula P.Padovese e demais colegas do Curso, pelo convívio sadio, amizade, apoio e incentivo.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

RESUMO	v
SUMMARY	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÕES	93
6. LITERATURA CITADA	94

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE TOTAIS DIÁRIOS DE
HORAS DE FRIO, PARA SANTA MARIA-RS

Autor: Arno Bernardo Heldwein

Orientador: Paulo Leonel Libardi

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos: (a) selecionar um ou mais métodos de estimativa de totais diários de horas de frio, com a finalidade de fazer estimativas regulares com boa precisão e possibilitar a superação de falhas nos registros termográficos, e (b) selecionar os métodos que permitem minimizar os custos operacionais de obtenção dos dados, sem comprometer em demasia a precisão das estimativas, para Santa Maria-RS.

Foram analisados 16 métodos de estimativa dos totais diários de horas de frio com temperatura base superior de 7°C e 13°C , para os sete meses mais frios do local. Um dos métodos constou de oito equações analíticas, derivadas dos padrões diários de variação da temperatura do ar adotados, nas quais são empregadas as leituras instantâneas das temperaturas mínimas, máximas e das 21 horas, sendo cada equação representativa de um caso específico da relação entre esses dados e a temperatura base considerada.

Os demais métodos constaram de equações de regressão simples ou múltiplas, obtidas pelo método dos quadrados mínimos, considerando-se como variáveis independentes os dados diários de temperatura mínima (T_m), temperatura do ar às 9 horas (T_9), temperatura do ar às 21 horas do dia anterior (T_{21}) e

e a relação das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão: $RA = 24(TB - T_m) \cdot (\bar{T}_{MAX} - T_m)^{-1}$, onde TB é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média entre as temperaturas máximas ocorridas no dia anterior e no dia em questão.

Utilizando-se a transformação $z(r)$ do coeficiente de correlação entre as estimativas e as observações diárias, em cada mês, comparou-se os métodos pelo teste t, além de considerar-se também a variância dos parâmetros angulares das equações de regressão e a dispersão dos totais diários de horas de frio observados e estimados ao longo da linha 1:1, para cada mês. A grande maioria dos métodos apresentou a tendência de proporcionar estimativas mais precisas nos meses menos frios.

O método analítico foi significativamente o melhor para estimar totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C . Considerando-se a temperatura base de 7°C , tal método proporcionou a obtenção dos maiores coeficientes de correlação entre valores estimados e observados, porém não significativamente melhores, em seis dos meses analisados. Entretanto, por tratar-se de um método analítico, sugere-se a opção pelo mesmo para estimar totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C , para Santa Maria-RS.

Dos métodos de análise de regressão, o método que utiliza unicamente a relação das amplitudes térmicas (RA) como variável independente e o método que emprega somente "RA" e temperatura mínima como variáveis independentes, mostraram-se como a melhor opção para diminuir os custos operacionais de um estudo a nível meso-climático, por necessitar-se somente de termômetros de mínima e de máxima para o levantamento dos dados, enquanto que o método de regressão que utiliza somente a temperatura mínima como variável independente, mostrou-se aceitável apenas para estimar totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C .

EVALUATION OF ESTIMATION METHODS OF DAILY CHILLING HOURS,
FOR THE REGION OF SANTA MARIA (RS), BRAZIL

Author: Arno Bernardo Heldwein

Adviser: Paulo Leonel Libardi

SUMMARY

The objectives of this work were: (a) to select methods of estimation of daily chilling hours in order to make regular and more precise estimations and also to overcome failures of thermalgraphic records, and (b) to select those methods that minimize the operational expenses of data aqizition without much influence on the precison of the estimates, for Santa Maria (RS) region.

Sixteen estimation methods of daily chilling hours, with temperature below 7 and 13°C , for the seven colder months of the local, were analysed. One of the methods consisted of eight analytical equations derived from the adopted air temperature variation daily standards, in which instantaneous readings of minimum and maximum temperatures, and also of the 21 hours, were utilized. Each equation is representative of a specific case of the relation among these data and the considered base temperature. The other methods consisted of simple and multiple regression equations, obtained by the minimum square method, by considering as independent variables the daily data of minimum air temperature (T_m), air temperature at 9 a.m. ($T_{9 \text{ a.m.}}$); air temperatura at 9 p.m. of the preceding day ($T_{9 \text{ p.m.}}$) and the relation of the thermal amplitudes (RTA), given by the expression: $\text{RTA} = 24(T_B - T_m) \cdot (\bar{T}_{\text{MAX}} - T_m)^{-1}$, where T_B = base temperature and $\bar{T}_{\text{MAX}}$ = mean temperature of the maxi-

mum temperatures occurred in the preceding day and in the day in question.

Using the $z(r)$ transformation of the correlation coefficient between daily estimation and daily observations, in each month, the methods were compared by the t test. Besides, the variance of the angular parameters of the regression equations and the dispersion of the observed and estimated daily chilling hours along the 1:1 line, for each month, were also considered. The majority of the methods presented a tendency of providing more precise estimations during less cold months.

The analytical method was the better significantly, to estimate daily chilling hours with temperature below 13°C . Considering a base temperature of 7°C such a method yielded of greater correlation coefficients between estimated and observed values, but not significantly better, in six out of the analysed months. However, being a analytical method, it is suggested its utilization to estimate the daily chilling hours with temperature below 7°C , for the region of Santa Maria (RS).

From the regression analysis methods, the one that utilizes only the relation of the thermal amplitudes (RTA) as independent variable, and the one that utilizes only RTA and minimum temperature as independent variables, showed to be the better option to decrease the operational expenses of an study at meso-climatic level, because they need only minimum-maximum thermometers for the survey of the data, whereas the regression method that utilizes only the minimum temperature as independent variable showed to be acceptable only to estimate daily chilling hours with temperature below 7°C .

1. INTRODUÇÃO

O estado de "repouso" das frutíferas criófilas, que segundo SAMISH (1954) é determinado por fatores internos da planta, é interrompido naturalmente pela ação benéfica do frio invernal, desde que este se manifeste em quantidade suficiente para satisfazer as exigências destas plantas.

Durante o repouso não há crescimento vegetativo visível, porém a atividade fisiológica continua lentamente, preparando a planta para as fases vegetativa e reprodutiva subsequentes (CHANDLER, 1937; MARKUS, 1952 e SAMISH, 1954).

Em certas regiões temperadas e nas regiões subtropicais, sujeitas a invernos mais amenos e muitas vezes com intensidade variável de ano para ano, o frio invernal pode ser insuficiente para satisfazer as exigências destas espécies para promover a quebra normal da dormência.

As anomalias fenológicas e fisiológicas decorrentes da insuficiência de frio nesta fase para a quebra da dormência, são claramente enumeradas e caracterizadas entre outros, por CHANDLER *et alii* (1937); HIDGON (1950); LEDESMA (1950); WEINBERGER (1950 e 1954); SAMISH (1954); ABBOTT (1962); PASCALE e ASPIAZÚ (1965); TABUENCA (1965); EREZ e LAVEE (1971), MASIP *et alii* (1976) e PETRI e PASQUAL (1982).

Do ponto de vista agrônomo, as consequências mais drásticas da insuficiência de frio para determinada cultivar, são: dificuldade nos tratamentos fitossanitários, devida a desuniformidade de desenvolvimento dos frutos; queda na qualidade e quantidade da produção de frutos; diminuição do vigor e da longevidade da planta. LEDESMA (1950), encontrou coeficientes de correlação linear, de 0,73 e de 0,81, significativos ao nível de 5% de probabilidade, entre o total de horas de frio registrado em Buenos Aires e a entrada subsequente de maçãs e de peras, respectivamente, no mercado na região macroclimática do Delta do Paraná, Argentina. Isto evidencia que o frio invernal é um dos principais fatores que condicionam a fruticultura de clima temperado em uma localidade.

Sob o ponto de vista agroclimático, a quantificação da disponibilidade local e da exigência das variedades criófilas em frio, geralmente é efetuada através do parâmetro "total de horas de frio", que consiste na contabilização do tempo em horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de certa temperatura base, num período considerado. Esta avaliação serve também, de apoio aos melhoristas na obtenção de variedades que melhor se adaptam ao local ou na obtenção de variedades com brotação tardia com o objetivo de diminuir os danos causados por possíveis geadas primaveris.

O total de horas de frio ocorridas num período pode ser computado diretamente dos registros do termógrafo, ou, com precisão aceitável, a partir dos valores de observações horárias de temperatura do ar, sendo uma tarefa simples, porém muito trabalhosa, principalmente quando se fazem necessárias correções nos registros da temperatura do ar dos termogramas.

Observações horárias de temperatura do ar são raras no Brasil. Já o registro em termogramas, embora mais frequente, é efetuado em uma rede de estações geralmente insuficiente para atender as exigências dos estudos de regionalização de frutíferas criófilas e muitas vezes esta dificuldade é aumentada com

as falhas ou falta de registros, causados por problemas operacionais. Para contornar esses problemas é comum recorrer-se a estimativas do total de horas de frio de um período determinado relacionando este parâmetro com os dados das observações convencionais da temperatura do ar, que são realizadas regularmente numa rede maior de estações e com menores falhas. Soma-se a essa vantagem a diminuição do tempo gasto na cotação e dos erros de cálculos, pela possibilidade de realizar o processamento dos dados num sistema de computação eletrônica.

O presente trabalho foi realizado com o intuito de selecionar, para cada mês, equações confiáveis que permitam a estimativa do total diário de horas de frio, com a finalidade de possibilitar a recuperação de dados e simplificar o estudo e a elaboração de um zoneamento, em escala meso-climática, para frutíferas criófilas, na região de Santa Maria-RS.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A estimativa do total de horas de frio de um determinado período pode ser possível a partir de valores de leituras diretas de temperatura do ar efetuadas regularmente nas estações meteorológicas, pois deve existir uma interrelação entre o parâmetro e o elemento meteorológico citados.

Os valores instantâneos da temperatura do ar, obtidos regularmente a intervalos de tempo fixos, fazem parte da curva que representa a variação diária desse elemento meteorológico e, portanto, mostram uma relação íntima com o tempo em que a temperatura permanece abaixo ou acima de um determinado limite térmico. Da mesma forma, para períodos mais longos, um raciocínio semelhante é válido e resultados práticos podem ser obtidos quando são correlacionados os valores médios mensais das temperaturas médias, máximas ou mínimas, com o total mensal de horas de frio.

Correlação é a tendência de duas (ou mais) variáveis estarem relacionadas de uma maneira definida, sendo que o grau de ajuste dos dados das variáveis relacionadas é medido pelo coeficiente de correlação, "r". Para saber se o grau de ajuste obtido é real ou fruto do acaso, recorre-se a probabilidade de distribuição dos dados com os respectivos testes de significân

cia (LITTLE, 1966).

Segundo GOMES (1973), a comparação de diferentes coeficientes de correlação, pode ser feita pelos testes "t" ou "F". O teste "t" de significância é aplicado desde que se compare a transformação $z(r)$ dos dois coeficientes de correlação considerados.

MARKUS (1952) em seu estudo estatístico dos invernos de Porto Alegre-RS, em relação às exigências em frio das frutíferas, relacionou o total mensal de horas de frio com temperatura menor que 7°C ($\text{HF} < 7^{\circ}\text{C}$) com a média mensal das temperaturas mínimas, obtendo um coeficiente de correlação de -0,8039.

WEINBERGER (1956) encontrou um coeficiente de correlação significativo de -0,95 entre a temperatura média dos dois meses mais frios, dezembro e janeiro, e o total de horas de frio ($\text{HF} < 7^{\circ}\text{C}$) acumulado neste período, na Georgia, E.E.U.U.

MOTA (1957) estudou os invernos de Pelotas-RS, em relação às exigências em frio das frutíferas criófilas. Verificou que muitas vezes o total diário de horas de frio apresentava-se pequeno em relação a temperatura mínima muito baixa e em outras ocasiões, mesmo com temperatura mínima alta, observou um total diário de horas de frio bastante grande. Em função desta observação correlacionou o total mensal de horas de frio ($\text{HF} < 7^{\circ}\text{C}$) com a temperatura média mensal dos cinco meses mais frios, obtendo um coeficiente de correlação linear de -0,8640 e um coeficiente de correlação quadrática de -0,8641. Utilizou a equação de regressão linear, obtida pelo método dos quadrados mínimos, para estimar as horas de frio para esta localidade. Da mesma forma, com os dados publicados por MARKUS (1952), obteve um coeficiente de correlação de -0,8980 entre a temperatura média mensal dos meses mais frios e o total mensal de horas de frio ($\text{HF} < 7^{\circ}\text{C}$), para Porto Alegre-RS. A equação desenvolvida por MOTA (1957), para Pelotas-RS, foi utilizada por FERREIRA (1975), no Estado de Minas Gerais, para obter as horas de

frio ($HF < 7^{\circ}\text{C}$), em função das temperaturas médias mensais normais de cada localidade, sem qualquer ajuste ou teste da equação e os valores mensais estimados de horas de frio foram utilizados para o zoneamento de aptidão climática do Estado para a fruticultura de clima temperado.

SANTA MARIA, citado por FERREIRA (1975), avaliou alguns métodos de estimativa do número total de horas de frio ($HF < 7^{\circ}\text{C}$), para certo período, em função das médias mensais da temperatura máxima, mínima e média, para diferentes localidades do México, comparando-os com o total de horas de frio obtido nos registros termográficos e com o comportamento fenológico de cultivares de frutíferas, em diferentes estações experimentais, cujas exigências em frio eram conhecidas. Verificou que a fórmula de MOTA (1957) e o método de WEINBERGER (1967), foram os modelos mais adequados, pois apresentaram correlação significativa com o comportamento fenológico das frutíferas, tomadas como testemunhas, e com as horas de frio obtidas dos registros termográficos. O método de WEINBERGER (1967), baseia-se na correlação entre temperatura do ar, ou soma de horas de frio ($HF < 7,2^{\circ}\text{C}$) e a duração do período de dormência. Para a localidade de Fresno, Califórnia, WEINBERGER (1967), obteve as melhores correlações da duração do período de repouso com a média mensal das temperaturas máximas de novembro e dezembro, e com a amplitude térmica diária média de dezembro, enquanto que com a soma de horas de frio mensal de outubro, novembro e dezembro, a correlação foi baixa. Estudando o regime de horas de frio de Buenos Aires, PASCALE e ASPIAZÚ (1965), tomaram como válidos os valores estimados de horas de frio ($HF < 7^{\circ}\text{C}$), em função da temperatura média, para cada mês, através de equações de regressão linear. Utilizando os valores horários de temperatura do ar do período de 1911 à 1963, obtiveram o total de horas de frio de cada mês, cujo coeficiente de correlação com a temperatura média foi elevado e significativo para maio, junho, julho e agosto, enquanto que para os meses de abril, setembro e outubro, foi de apenas

-0,220, -0,676 e 0,508, respectivamente. Também relacionaram o total de horas de frio do período de repouso das ameixeiras (01/04 à 31/08), com a temperatura média de cada mês, encontrando a melhor correlação com a temperatura média do mês de julho ($r = -0,75$).

PEDRO JUNIOR *et alii* (1979), obtiveram o total de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C e de 13°C através da cotação dos termogramas do período de 1964 à 1973, de 12 localidades do Estado de São Paulo. Correlacionaram o total médio mensal de horas de frio, cotados para cada local, com as respectivas médias mensais das temperaturas mínimas, com as temperaturas médias de julho e com a média das temperaturas mínimas absolutas mensais, pelo método dos quadrados mínimos. Obtiveram melhor correlação entre o total médio de horas de frio e as temperaturas médias do mês de julho, com coeficientes de correlação linear significativos ao nível de 1%, iguais a -0,88 e -0,93, respectivamente, para horas de frio com temperatura abaixo de 7°C e com temperatura abaixo de 13°C . Com as respectivas equações de regressão obtidas, estimaram o total de horas de frio, para as demais localidades, traçando então as isolinhas de horas de frio nas cartas geográficas que serviram de base para a regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado.

A relação da diferença entre a temperatura base e a temperatura mínima com a amplitude térmica de um período considerado de "t" horas, $\left[t (T_B - T_m) \cdot (T_M - T_m)^{-1} \right]$, pode ser também utilizada como uma variável independente na obtenção de equações de estimativa pelo método dos quadrados mínimos, desde que alguns cuidados sejam observados. A obtenção de valores super-estimados nos períodos muito frios ou de valores negativos nos períodos mais quentes são os maiores problemas verificados quando da sua utilização. ARON (1975), em uma primeira análise, incluiu todos os dados disponíveis de temperatura máxima e temperatura mínima médias mensais, quando da obtenção de

suas equações de estimativa por regressão para a Califórnia. Observou que nos meses muito frios as equações poderiam proporcionar super-estimativa do total mensal de horas de frio, enquanto que nos meses mais quentes, em que a média mensal das temperaturas mínimas ($\bar{T}_m$) foi maior que a TB, obteve estimativas de totais mensais de horas de frio menores que zero. Desta forma, usando um processo repetitivo ("iterative"), eliminou todos os dados com os quais previa a estimativa de valores negativos ou superestimados, obtendo bom ajuste para suas equações.

ARON (1975), usando a técnica dos quadrados mínimos, ajustou equações de regressão lineares e equações polinomiais por "tentativa passo a passo" ("stepwise") a diversos elementos climáticos, com a finalidade de estimar o total mensal de horas de frio ($HF < 45^\circ F$), na Califórnia. Para tanto, corrigiu os valores dos elementos climáticos incluídos na análise para meses de 30 dias.

Na obtenção das equações pelo método "stepwise", em cada passo incluiu uma nova variável independente, desde que a mesma incrementasse o coeficiente de determinação (r^2) em pelo menos 0,003. Após os referidos ajustes, as melhores equações empíricas de estimativa resultaram em:

$$HF < 45^\circ F = 801 + 0,2523B + 7,574 \times 10^{-4} B^2 - 6,51 \times 10^{-10} B^4 - 11,44 \bar{T}_m - 3,32 \bar{T}_m \quad (A)$$

$$HF < 45^\circ F = 665,5 + 0,152B + 6,734 \times 10^{-4} B^2 - 7,64 \times 10^{-10} B^4 + 8,08 \bar{T}_m - 30,22G + 5,2 UR \quad (B)$$

$$HF < 45^\circ F = 676,2 + 0,2856B + 7,713 \times 10^{-4} B^2 + 7,63 \times 10^{-10} B^4 - 13,21E + 6,96C \quad (C)$$

onde:

$HF < 45^\circ F$ = total mensal de horas de frio com temperatura menor que $45^\circ F$;

$$B = (45 - \bar{T}_m) \cdot (\bar{T}_m - T_m)^{-1} \cdot H.D.;$$

$\overline{T}_m$ = média mensal das temperaturas mínimas ($^{\circ}\text{F}$);

$\overline{T}_M$ = média mensal das temperaturas máximas ($^{\circ}\text{F}$);

H = número de horas em um dia (24h/dia);

D = número de dias do período (30 dias);

G = média mensal da temperatura do termômetro de bulbo úmido ($^{\circ}\text{F}$);

UR = média mensal da umidade relativa do ar;

E = média mensal da temperatura do ar das 4:00 horas, hora local ($^{\circ}\text{F}$);

C = média mensal da cobertura de nuvens, em décimos.

Para a equação "A", que inclui somente dados de temperatura máxima e mínima, o coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,959. Para a equação "B", obteve um r^2 igual 0,978 e para a equação "C", obtida para locais onde não se faz medidas de umidade do ar, obteve um r^2 igual a 0,976.

Entretanto, segundo DAMÁRIO (1969), as equações de regressão propiciam estimativas essencialmente locais, podendo a sua aplicação estender-se somente a localidades com condições climáticas muito similares quanto a intensidade e amplitude da temperatura em cada mês e no ano. A aplicação de uma mesma equação a localidades geográficas vizinhas pode produzir erros grosseiros de estimativa. Mesmo considerando que a metodologia empregada foi diversa, a grande diferença no total mensal de horas de frio ($\text{HF} < 7^{\circ}\text{C}$) estimados por PEDRO JUNIOR *et alii* (1979) e por FERREIRA (1975), no limite entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, parece evidenciar a afirmativa de DAMÁRIO (1969). Em função desta constatação, alguns autores desenvolveram outros métodos de estimativa de "horas de frio". DAMÁRIO (1969), desenvolveu um método gráfico para estimar as horas de frio ($\text{HF} < 7^{\circ}\text{C}$) a partir dos valores médios mensais normais de temperatura mínima dos cinco meses mais frios e da temperatura média anual das mínimas, para a Argentina. Valores estimados, para al

gumas localidades anteriormente não incluídas na elaboração do seu método, comparados aos valores obtidos por outros autores, mostraram apenas pequenas diferenças, permitindo ao autor garantir a utilização deste método na Argentina, embora somente para fins climatológicos, uma vez que os dados de temperatura utilizados são valores normais. Para localidades com altitude superior a 1.000 m acima do nível médio do mar a utilização do método não foi considerada válida. O autor pressupõe que seu método poderia ser aplicado em outras regiões relativamente planas, desde que se façam os devidos ajustes.

ANGELOCCI *et alii* (1979) desenvolveram uma metodologia para a estimativa do total diário de horas de frio abaixo de determinada temperatura base para 5 locais no Estado de São Paulo, através de equações matemáticas derivadas do padrão de variação diário da temperatura do ar. As equações utilizam apenas os valores diários de observação de temperatura máxima, mínima e das 21 horas, hora local, como variáveis que governam a marcha diária da temperatura do ar. Testando as equações para cinco localidades do Estado de São Paulo, obtiveram correlação elevada e significativa (0,88 à 0,97) entre os valores diários de horas de frio estimados e os observados nos termogramas, tomando como temperatura base os valores de 7°C e 13°C. Verificaram que as equações obtidas, de um modo geral, superestimaram os valores de horas de frio quando estes eram baixos e subestimaram os mesmos quando o total diário de horas de frio era superior à 12 horas e à 8 horas, respectivamente, para as temperaturas base de 13°C e 7°C. A correlação entre as somas mensais de horas de frio estimadas e as observadas foi de 0,99, mostrando que o método é válido para a estimativa do total de horas de frio do período diário e torna-se ainda melhor, se considerada a soma mensal dos valores diários. Os autores sugerem que o modelo utilizado seja aplicável a outras localidades no estado e sirva para outros Estados do Brasil, por basear-se no padrão de variação diário da temperatura do ar, podendo as equações serem testadas e utilizadas desde que se façam os devidos ajustes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração desse trabalho foram utilizados os dados das leituras diárias regulares de temperatura do ar e as cópias dos termogramas semanais, dos anos de 1968 à 1972 e de 1975 à 1982, obtidos na Estação Climatológica Principal de Santa Maria, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia e localizada no Campus da UFSM (Lat. = $29^{\circ} 42' S$; Long. = $53^{\circ} 42' W$; Alt. = 95 m acima do N.M. M.).

O clima local, segundo a classificação climática de W. Koeppen, é do tipo Cfa, isto é, clima subtropical úmido.

O processamento estatístico dos dados foi efetuado em um computador IBM 1130, locado no Departamento de Matemática e Estatística, pertencente a ESALQ/USP.

A análise dos dados dos anos considerados foi efetuada para cada mês do período mais frio do ano, excluindo-se do estudo os meses de novembro a março, nos quais a ocorrência de temperaturas menores do que $13^{\circ}C$ é pouco frequente no local.

Nestes meses foram selecionados os dados dos dias em que a temperatura mínima do ar foi menor ou igual a $13^{\circ}C$. Para esses dias foram coletados e tabulados os dados diários de temperatura mínima do ar (T_m), temperatura máxima do ar do dia

anterior (TM_1), temperatura máxima do ar do dia em questão (TM_2), temperatura do ar das 9 hs, hora local (T_9), temperatura do ar das 15 hs, hora local (T_{15}), temperatura do ar das 21 hs do dia anterior, hora local (T_{21}), horário de ocorrência da " T_m " (hT_m), horário de ocorrência da " TM_2 " (hTM_2), total de horas de frio com temperatura menor que 7°C ($HF < 7$) e total diário de horas de frio com temperatura menor que 13°C ($HF < 13$).

O horário de ocorrência das temperaturas máxima e mínima foi obtido somente dos termogramas nos quais havia o registro da correção horária, nos dias em que $T_m \leq 13^{\circ}\text{C}$.

Com base no estudo da distribuição do horário de ocorrência das temperaturas mínimas e máximas diárias de cada mês, o total diário de horas de frio abaixo de determinada temperatura base ($HF < TB$) de cada dia (n) foi computado a partir dos termogramas, considerando-se o intervalo entre 15 horas do dia anterior ($n-1$) e 15 horas do dia (n) em questão.

Sempre que necessário, foram consideradas as correções de temperatura nos termogramas, tomando-se como referência os dados de leitura direta feita com termômetros (T_m , TM_1 , TM_2 , T_9 , T_{15} e T_{21}). Porém, sempre que a diferença entre o valor da temperatura registrado no termograma e o valor medido com termômetro excedia $0,8^{\circ}\text{C}$, eliminou-se os dados desse dia.

Utilizando o método dos quadrados mínimos, para cada mês foram ajustadas equações de regressão aos dados, por correlação simples ou múltipla do total diário de horas de frio ($HF < TB$) com os valores das leituras diretas da temperatura do ar, consideradas como variáveis independentes.

O valores de " TM_1 ", " TM_2 " e " T_{15} ", não foram introduzidos diretamente na análise por correlação, porém foram utilizados na obtenção de duas variáveis independentes calculadas da seguinte forma:

a) valor médio das variáveis independentes ($T\bar{X}$):

$$\overline{T_X} = \frac{\left(\frac{T_{M_1} + T_{M_2}}{2}\right) + T_m + T_9 + T_{15} + T_{21}}{5}, \quad (3.1)$$

b) relação das amplitudes térmicas entre TB e Tm, e entre a média das temperaturas máximas e Tm:

$$RA = \frac{24(TB - T_m)}{\left(\frac{T_{M_1} + T_{M_2}}{2}\right) - T_m} \quad (3.2)$$

O valor médio das variáveis independentes ($\overline{T_X}$), foi proposto com a finalidade de substituir o valor médio da temperatura do ar no período considerado (15 horas do dia "n-1" às 15 horas do dia "n"). Entretanto, num teste preliminar, de correlação simples dos totais diários de horas de frio ($HF < TB$), com cada uma das variáveis independentes, em dois meses escolhidos ao acaso, a variável " $\overline{T_X}$ " apresentou baixa correlação com " $HF < TB$ " nos dois meses, sendo a mesma eliminada do programa de análise de regressão, tendo em vista uma previsão de reduzir de aproximadamente 9 horas o tempo global de uso do computador. Desta forma, as quatro variáveis independentes efetivamente correlacionadas com os totais diários de horas de frio cotados nos termogramas, foram " T_m ", " T_9 ", " T_{21} " e " RA ". A tabela 3.1 mostra como essas variáveis independentes foram relacionadas às variáveis dependentes ($HF < 13$ ou $HF < 7$), na análise de regressão.

Para a obtenção das equações de regressão lineares simples ou múltiplas, com a finalidade de estimar horas de frio com temperatura abaixo de $7^{\circ}C$ ($HF < 7$), foram incluídos na análise somente os dados de " T_m ", " T_9 ", " T_{21} ", " RA " e " $HF < 7$ ", dos dias em que observou-se a condição: $T_m \leq 7^{\circ}C$.

De acordo com a metodologia proposta por ANGELOCCHI *et alii* (1979) e considerando o horário de ocorrência da temperatura máxima e da temperatura mínima diária, foram obtidas

Tabela 3.1 - Diferentes combinações das variáveis independentes (T_m , T_9 , T_{21} e RA), utilizadas na correlação simples ou múltipla com o total diário de horas de frio ($HF < TB^*$).

Método de Regressão Nº	Variável Dependente (hs)	Variável(is) Independente(s) (°C)
1	$HF < TB$	T_m
2	$HF < TB$	T_9
3	$HF < TB$	T_{21}
4	$HF < TB$	RA
5	$HF < TB$	T_m T_9
6	$HF < TB$	T_m T_{21}
7	$HF < TB$	T_m RA
8	$HF < TB$	T_m T_9 T_{21}
9	$HF < TB$	T_m T_9 RA
10	$HF < TB$	T_m T_{21} RA
11	$HF < TB$	T_m T_9 T_{21} RA
12	$HF < TB$	T_9 T_{21}
13	$HF < TB$	T_9 RA
14	$HF < TB$	T_{21} RA
15	$HF < TB$	T_9 T_{21} RA

* TB corresponde às temperaturas base de 7°C e de 13°C, analisadas separadamente.

diversas equações analíticas para a estimativa do total diário de horas de frio, conforme os padrões de variação diária da temperatura do ar, os quais estabelecem diversas condições alternativas para a escolha da equação analítica própria para cada caso. Para tanto obteve-se o horário de ocorrência da temperatura mínima e da temperatura máxima dos dias com " $T_m \leq 13^{\circ}\text{C}$ ", a partir dos termogramas, desde que estes apresentassem o registro da correção horária. Efetuou-se a distribuição das frequências observadas do " $h T_m$ " e do " $h T_{m2}$ ", para cada mês. Com base nessa distribuição, considerando os horários de máximas frequências observadas, tomou-se como válido o horário das 7 horas, hora local, como sendo o momento de ocorrência da temperatura mínima diária, para todos os meses estudados, enquanto que o período das 15 horas às 16 horas foi considerado de temperatura constante e também como o instante de ocorrência da temperatura máxima diária, para os 7 meses estudados. Dessa forma, o período diário foi dividido em quatro subperíodos (15 hs às 16 hs; 16 hs às 21 hs; 21 hs às 7 hs; 7 hs às 15 hs), e as equações analíticas para as diferentes condições de variação da temperatura do ar no decorrer do dia resultaram em:

a. para a condição de:

$$TB > T_m; TB \leq T_{21}; TB < TM_1; TB < TM_2;$$

$$HF = \frac{10(TB - T_m)}{T_{21} - T_m} + \frac{8(TB - T_m)}{TM_2 - T_m}; \quad (3.3)$$

b. para a condição de:

$$TB > T_m; TB \geq T_{21}; TB < TM_1; TB < TM_2;$$

$$HF = \frac{5(TB - T_{21})}{TM_1 - T_{21}} + \frac{8(TB - T_m)}{TM_2 - T_m} + 10; \quad (3.4)$$

c. para a condição de:

$$TB > T_m; TB \geq TM_1; TB < TM_2;$$

$$HF = \frac{8(TB - T_m)}{TM_2 - T_m} + 16; \quad (3.5)$$

d. para a condição de:

$$TB > T_m; TB \geq TM_2; TB \geq T_{21}; TB < TM_1;$$

$$HF = \frac{5(TB - T_{21})}{TM_1 - T_{21}} + 18; \quad (3.6)$$

e. para a condição de:

$$TB > T_m; TB \leq T_{21}; TB < TM_1; TB > TM_2;$$

$$HF = \frac{10(TB - T_m)}{T_{21} - T_m} + 8; \quad (3.7)$$

f. para $TB \geq TM_1; TB \geq TM_2$:

$$HF = 24; \quad (3.8)$$

g. para $TB \leq T_m$:

$$HF = 0; \quad (3.9)$$

onde:

TB = temperatura base (7°C ou 13°C);

Tm = temperatura mínima diária;

T_{21} = temperatura das 21 horas do dia anterior;

TM_1 = temperatura máxima do dia anterior;

TM_2 = temperatura máxima do dia;

HF = total diário de horas de frio com temperatura abaixo da temperatura base;

5 = constante de tempo em horas entre TM_1 e T_{21} ;

10 = constante de tempo em horas entre T_{21} e Tm;

8 = constante de tempo em horas entre TM_1 e TM_2 .

Os totais diários de horas de frio ($HF < 13$ e $HF < 7$) estimados com as equações analíticas (mêt. 16), foram correlacionados com os respectivos totais diários de horas de frio cotados nos termogramas, em cada mês. Procedimento igual

foi adotado com os totais diários de horas de frio estimadas a través de cada uma das equações de regressão (métodos 1 a 15). Os coeficientes de correlação "r" obtidos foram utilizados para calcular os respectivos valores da transformação $z(r)$, possibilitando a aplicação de testes, quando a comparação de dois ou mais coeficientes de correlação. A transformação $z(r)$, segundo GOMES (1973), é dada pela equação:

$$z(r) = 0,5 \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right), \quad (3.10)$$

onde:

r = coeficiente de correlação entre os totais diários de horas de frio estimados e observados nos termogramas;

ln = logarítmo neperiano.

A comparação dos diferentes métodos de estimativa foi efetuada em cada mês através da comparação dos respectivos coeficientes de correlação entre os totais diários de horas de frio estimados e observados, pelo teste t, utilizando-se a transformação $z(r)$. O valor de t foi calculado em função da diferença entre os valores $z(r)$ de dois diferentes métodos em cada mês, utilizando-se a expressão:

$$t = \frac{z(r) - z(r')}{\sqrt{2/N-3}} \quad (3.11)$$

onde:

N = número de totais diários de horas de frio, observados e estimados, correlacionados em cada mês;

$z(r)$ e $z(r')$ = valores da transformação $z(r)$ dos coeficientes de correlação de dois métodos diferentes.

Para facilitar a tarefa de comparação dos métodos, utilizando-se o valor de t_v para o nível de 5% de probabilidade ($t_v = 1,96$), rearranjou-se a expressão 3.11 da seguinte forma:

$$|z(r) - z(r')| = 1,96 \cdot \sqrt{2/N-3}, \quad (3.12)$$

onde $|z(r) - z(r')|$, denominado "intervalo de tolerância", é o valor absoluto da diferença máxima entre os valores de $z(r)$ dos diferentes métodos que não apresentam diferença estatística entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão das estimativas de horas de frio efetuadas através das equações analíticas (método 16), pode ser comprometida ao se estabelecer um horário padrão como instante único de ocorrência da temperatura mínima e ou da temperatura máxima, quando no local em estudo os horários reais de ocorrência das temperaturas mínima (T_m) e máxima (T_M) apresentam grande variabilidade dentro do período diário, considerando-se os dados de cada mês. Nesse caso, o tempo em horas nos intervalos: (a) entre o momento de ocorrência da temperatura máxima do dia anterior e 21 horas do dia anterior; (b) entre 21 horas do dia anterior e o instante de ocorrência da temperatura mínima (hT_m); (c) e entre este (hT_m) e o momento de ocorrência da temperatura máxima do dia, não poderia ser padronizado para todos os dados de cada mês e sua definição para cada dado diário em particular, tornaria o método inadequado quanto aos objetivos estabelecidos, pois haveria a necessidade de se recorrer aos registros de temperatura do ar nos termogramas.

As figuras 1 e 2 mostram, para cada mês, a distribuição diária das frequências observadas do horário de ocorrência das temperaturas mínimas (hT_m) e máximas (hT_M), respectivamente, considerando-se apenas os dias em que se observou a condição: $T_m \leq 13^{\circ}\text{C}$.

Figura 1 - Frequência observada do horário de ocorrência da temperatura mínima nos dias com temperatura mínima menor ou igual a 13°C , para os diferentes meses, em Santa Maria - RS.

Figura 2 - Freqüência observada do horário de ocorrência da temperatura máxima nos dias em que a temperatura mínima foi menor ou igual a 13°C , para os diferentes meses, em Santa Maria-RS.

Observa-se que a distribuição das frequências do horário de ocorrência das temperaturas mínimas, não obedece exatamente uma distribuição normal, mostrando que não é rara a ocorrência da temperatura mínima durante a madrugada, ou mesmo antes das 24 horas do dia anterior, principalmente nos meses mais frios. Entretanto, verificou-se nos termogramas que, nesses casos, após a ocorrência da temperatura mínima, a temperatura do ar se eleva muito pouco até o momento do nascer do sol, permanecendo abaixo da temperatura base em grande parte dos casos. Por outro lado, as superestimativas de horas de frio, decorrentes dos casos em que a temperatura do ar se eleva acima da temperatura base, porém permanece próxima a mesma desde o momento de ocorrência da " T_m " até o momento do nascer do sol, podem ser negligenciadas quanto aos seus efeitos biológicos.

As frequências máximas dos horários de ocorrência da temperatura mínima, observadas para Santa Maria-RS, oscilaram em torno das 7 horas, hora local, nos meses de abril, maio e agosto; para junho e julho oscilaram em torno de 7 hs : 15' e 7 hs:30', respectivamente, enquanto que para os meses de setembro e outubro as frequências máximas ocorreram em torno de 6 hs:30' e 6 hs:15', respectivamente. Considerando-se essa pequena variação do valor mediano dos horários de ocorrência da " T_m " nos diferentes meses, e em função da argumentação apresentada para a variabilidade dentro de cada mês, optou-se por um horário padrão, o que facilitou os cálculos pela utilização dos mesmos parâmetros nas equações analíticas, para todos os meses estudados. Dessa forma, o horário das 7 horas, hora local, foi fixado como momento de ocorrência da temperatura mínima para todos os dias dos meses analisados.

A figura 2 mostra que as frequências máximas dos " h_{TM} " concentram-se entre 15 hs e 16 hs, em todos os meses. Verificou-se também nos termogramas que próximo da temperatura máxima (T_M) a temperatura do ar varia muito pouco, aumentando e decrescendo muito lentamente antes e após o momento da " T_M ", res

pectivamente. Dessa forma, a temperatura do ar foi considerada constante e igual à "TM" entre às 15 hs e 16 hs, para todos os meses. Esse critério já foi adotado com bons resultados por ANGELOCCI *et alii* (1979), para o período das 14 hs às 15 hs, no Estado de São Paulo.

As tabelas 4.1 à 4.14 apresentam para cada mês os parâmetros lineares e angulares das equações de regressão obtidas por correlação simples ou múltipla dos totais diários de horas de frio, ($HF < 13$ ou $HF < 7$), com os respectivos valores de temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior (T_{21}) e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão: $RA = 24(TB - T_m) / (\bar{T}_M - T_m)$, onde TB é a temperatura base ($13^{\circ}C$ ou $7^{\circ}C$) e $\bar{T}_M$ é a média da temperatura máxima do dia anterior (TM_1) com a temperatura máxima do dia (TM_2). São apresentados também os respectivos valores dos coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) teste F da análise da variância e teste t dos parâmetros angulares das equações de regressão.

As relações gráficas entre os totais diários de horas de frio observados e estimados através dos diferentes métodos para os meses analisados, são apresentadas nas figuras 3 à 19 e nas figuras 20 à 33, respectivamente, para as temperaturas base de $13^{\circ}C$ e $7^{\circ}C$. Adotou-se o critério arbitrário de não elaborar tal representação gráfica para os casos de regressão simples em que os coeficientes de determinação foram menores que 0,5800, ou para os casos em que as equações de regressão múltipla apresentaram pelo menos um dos parâmetros angulares não significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

A relação das amplitudes térmicas (RA), para um período considerado de n horas, dada pela expressão analítica $RA = n(TB - T_m) \cdot (TM - T_m)^{-1}$, pode ser utilizada diretamente na estimativa do total de horas de frio do período, porém é co

Tabela 4.1 - Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4) $\frac{1}{n}$ das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$), no mês de abril, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		r ² (%)	C.V. (%)	
	Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄			AN. VAR.
1	23,813	-1,6711	-	-	-	-	-22,36 **	-	-	-	499,87 **	79,48	27,44
2	26,827	-	-	-1,4691	-	-	-	-13,92 **	-	-	193,68 **	60,02	38,31
3	32,878	-	-	-	-1,6600	-	-	-	-21,79 **	-	474,95 **	78,64	28,00
4	1,564	-	-	-	-	1,0286	-	-	-	29,01 **	841,83 **	86,71	22,08
5	26,029	-1,3703	-	-0,3914	-	-	-11,99 **	-3,39 **	-	-	275,94 **	81,18	26,39
6	30,367	-0,9427	-	-	-0,8936	-	-9,23 **	-	-8,76 **	-	434,97 **	87,17	21,78
7	4,387	-0,2176	-	-	-	0,9075	-1,20	-	-	8,47 **	423,05 **	86,85	22,05
8	31,045	-0,8413	-	-0,1870	-0,8416	-	-7,37 **	-1,91	-8,05 **	-	297,22 **	87,53	21,56
9	5,839	-0,2069	-	-0,1001	-	0,8662	-1,14	-0,96	-	7,50 **	282,17 **	86,95	22,05
10	15,081	-0,1509	-	-	-0,6356	0,6257	-0,95	-	-6,36 **	6,04 **	382,57 **	90,03	19,27
11	15,468	-0,1480	-	-0,0314	-0,6314	0,6145	-0,93	-0,34	-6,26 **	5,64 **	284,96 **	90,04	19,34
12	34,016	-	-	-0,5217	-1,2852	-	-	-5,06 **	-12,63 **	-	295,59 **	82,20	25,66
13	3,269	-	-	-0,1073	-	0,9779	-	-1,03	-	16,13 **	421,65 **	86,82	22,08
14	13,236	-	-	-	-0,6418	0,7065	-	-	-6,44 **	12,02 **	573,87 **	89,96	19,26
15	13,719	-	-	-0,0359	-0,6369	0,6920	-	-0,39	-6,33 **	9,93 **	380,10 **	89,97	19,33

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

1/ Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:

$RA = 24(TB - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde TB é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.2 - Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4) das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($H_F < 13$), no mês de maio, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MÉT.	Nº	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		C.V.
		b_1	b_2	b_3	b_4	b_1	b_2	b_3	b_4	AN. VAR.	r^2 (%)	
1	23,678	-1,4877	-	-	-	-20,86 **	-	-	-	435,28 **	67,45	31,98
2	28,001	-	-1,5749	-	-	-	-20,49 **	-	-	420,12 **	66,67	32,36
3	31,980	-	-	-1,6099	-	-	-	-20,22 **	-	409,24 **	66,08	32,64
4	3,160	-	-	-	0,8746	-	-	-	33,62 **	1130,40 **	84,33	22,19
5	26,445	-0,8246	-0,7772	-	-	-5,04 **	-4,46 **	-	-	247,24 **	70,29	30,63
6	29,509	-0,8589	-	-0,8538	-	-7,96 **	-	-7,24 **	-	297,26 **	73,98	28,66
7	5,107	-0,1530	-	-	0,8044	-1,51	-	-	15,16 **	569,84 **	84,50	22,12
8	31,070	-0,4165	-0,5840	-0,7778	-	-2,59 *	-3,62 **	-6,68 **	-	214,10 **	75,53	27,86
9	6,478	-0,0200	-0,2087	-	0,7772	-0,15	-1,58	-	13,98 **	383,48 **	84,68	22,04
10	9,249	-0,0442	-	-0,3311	0,7229	-0,42	-	-3,38 **	12,66 **	402,69 **	85,31	21,58
11	10,358	0,0705	-0,1843	-0,3231	0,7009	0,53	-1,43	-3,30 **	11,88 **	304,05 **	85,45	21,53
12	32,424	-	-0,9002	-0,8925	-	-	-8,46 **	-8,17 **	-	309,34 **	74,74	28,23
13	6,412	-	-0,2216	-	0,7809	-	-2,19 *	-	15,68 **	577,91 **	84,68	21,99
14	8,903	-	-	-0,3441	0,7381	-	-	-3,70 **	16,52 **	606,32 **	85,29	21,54
15	10,446	-	-0,1417	-0,3121	0,6910	-	-1,39	-3,26 **	12,35 **	406,69 **	85,43	21,49

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

1/ Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24(T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX}$ - T_m , onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.3 - Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4)^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13), no mês de junho, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MET. Nº	a	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		C.V.
		b_1	b_2	b_3	b_4	b_1	b_2	b_3	b_4	AN. VAR.	r^2 (%)	
1	23,798	-1,2402	-	-	-	-16,81**	-	-	-	282,84**	54,83	28,19
2	26,166	-	-1,2101	-	-	-	-18,33**	-	-	335,98**	59,04	26,84
3	31,094	-	-	-1,4115	-	-	-	-20,39**	-	416,00**	64,09	25,13
4	4,741	-	-	-	0,7457	-	-	-	32,74**	1072,10**	82,14	17,72
5	25,828	-0,4198	-0,8533	-	-	-2,58*	-5,59**	-	-	175,44**	60,19	26,52
6	29,909	-0,3804	-	-1,0765	-	-3,17**	-	-8,51**	-	221,15**	65,59	24,65
7	6,984	-0,1851	-	-	0,6760	-2,59*	-	-	19,28**	552,60**	82,65	17,51
8	31,698	0,3793	-0,8114	-1,0509	-	2,28*	-6,15**	-8,94**	-	183,50**	70,44	22,90
9	8,494	0,0595	-0,3055	-	0,6445	0,54	-2,94**	-	17,85**	383,47**	83,27	17,22
10	10,972	0,0309	-	-0,4036	0,6078	0,35	-	-4,19**	16,18**	400,68**	83,88	16,88
11	13,085	0,3348	-0,3554	-0,4396	0,5652	2,79**	-3,55**	-4,66**	14,66**	318,82**	84,72	16,50
12	30,676	-	-0,5879	-0,9068	-	-	-6,60**	-9,07**	-	267,78**	69,77	23,11
13	8,580	-	-0,2621	-	0,6397	-	-3,92**	-	18,31**	576,80**	83,25	17,20
14	11,009	-	-	-0,3830	0,6038	-	-	-4,98**	16,86**	603,22**	83,87	16,88
15	12,093	-	-0,1561	-0,3096	0,5679	-	-2,19*	-3,71**	14,52**	410,33**	84,20	16,74

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:

$RA = 24(TB - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde TB é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.4 - Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4)^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($H_F < 13$), no mês de julho, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		C.V.		
	Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄		AN. VAR.	r ² (%)
1	25,128	-1,3949	-	-	-	-	-17,01 **	-	-	-	289,30 **	55,71	30,04
2	26,816	-	-	-1,2775	-	-	-	-18,40 **	-	-	338,72 **	59,55	28,71
3	30,449	-	-	-	-1,3643	-	-	-	-17,69 **	-	313,13 **	57,65	29,38
4	7,856	-	-	-	-	0,4884	-	-	-	18,99 **	360,87 **	61,07	28,17
5	29,910	-0,5860	-0,8287	-	-	-	-3,87 **	-6,18 **	-	-	187,15 **	62,04	27,87
6	29,687	-0,7508	-	-	-0,8174	-	-6,66 **	-	-7,54 **	-	208,29 **	64,52	26,95
7	16,031	-0,8004	-	-	-	0,3243	-9,77 **	-	-	11,84 **	302,28 **	72,52	23,71
8	31,616	0,0951	-0,8528	-	-0,8346	-	0,61	-7,28 **	-8,53 **	-	188,16 **	71,23	24,32
9	18,058	-0,3144	-0,5540	-	-	0,2945	-2,51 *	-4,97 **	-	11,00 **	230,63 **	75,21	22,57
10	19,876	-0,5470	-	-	-0,4379	0,2743	-5,59 **	-	-4,37 **	9,54 **	223,90 **	74,65	22,82
11	22,786	0,0433	-0,6264	-0,7985	-0,5083	0,2326	0,32	-5,91 **	-5,40 **	8,39 **	201,67 **	78,04	21,29
12	31,452	-	-0,7729	-	-0,8034	-	-	-10,36 **	-9,61 **	-	282,83 **	71,18	24,29
13	17,611	-	-	-	-	0,3078	-	-10,99 **	-	11,60 **	335,01 **	74,52	22,83
14	19,151	-	-	-	-0,7689	0,3094	-	-	-8,96 **	10,36 **	282,82 **	71,18	24,29
15	22,696	-	-	-0,6014	-0,4936	0,2330	-	-8,43 **	-6,02 **	8,43 **	269,92 **	78,03	21,25

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

1/ Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24(TB - T_m)/T_{MAX}$, onde TB é a temperatura base e T_{MAX} é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.5- Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4)^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13), no mês de agosto, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MET.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		r^2 (%)	C.V. (%)
	Nº	a	b_1	b_2	b_3	b_4	b_1	b_2	b_3	b_4		
1	23,646	-1,2985	-	-	-	-	-14,74 **	-	-	-	47,61	34,73
2	28,673	-	-	-1,4808	-	-	-	-18,32 **	-	-	58,41	30,95
3	29,924	-	-	-	-1,3227	-	-	-	-16,33 **	-	52,74	32,99
4	3,966	-	-	-	-	0,7959	-	-	-	30,24 **	79,28	21,84
5	28,375	-0,3222	-1,2037	-	-	-	-2,28 *	-8,27 **	-	-	59,30	30,68
6	29,454	-0,6553	-	-	-0,8676	-	-5,82 **	-	-7,96 **	-	58,62	30,93
7	4,343	-0,0306	-	-	-	0,7847	-0,36	-	-	19,08 **	79,29	21,88
8	32,957	0,1344	-1,0689	-	-0,7635	-	0,97	-8,15 **	-7,84 **	-	67,67	27,40
9	8,616	0,3123	-0,5833	-	-	0,7042	3,06 **	-5,59 **	-	17,03 **	81,70	20,61
10	7,231	0,0448	-	-	-0,2245	0,7284	0,49	-	-2,60 **	15,81 **	79,86	21,62
11	11,837	0,4012	-0,5956	-	-0,2433	0,6414	3,83 **	-5,79 **	-3,00 **	14,03 **	82,37	20,27
12	32,618	-	-0,9805	-	-0,7241	-	-	-10,42 **	-8,19 **	-	67,55	27,39
13	9,661	-	-0,3912	-	-	0,6580	-	-4,61 **	-	16,80 **	80,97	20,97
14	7,549	-	-	-	-0,2107	0,7172	-	-	-2,58 **	17,89 **	79,84	21,59
15	11,907	-	-	-0,3641	-0,1553	0,6096	-	-1,94	-4,26 **	13,18 **	81,27	20,85

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.6 - Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4)^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13), no mês de setembro, teste "F", teste "t" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MET. Nº	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros			Teste "F"		r^2 (%)	C.V. (%)
	a	b_1	b_2	b_3	b_4	b_1	b_2	b_3	b_4		
1	21,494	-1,2702	-	-	-	-15,39**	-	-	-	53,47	36,11
2	28,387	-	-1,4713	-	-	-	-16,58**	-	-	274,75**	34,66
3	30,020	-	-	-1,3987	-	-	-	-18,20**	-	331,12**	61,64
4	2,750	-	-	-	0,8705	-	-	-	32,96**	1086,38**	84,06
5	27,250	-0,6407	-0,9223	-	-	-5,58**	-7,17**	-	-	173,01**	62,79
6	28,795	-0,5564	-	-0,9664	-	-5,14**	-	-8,70**	-	199,14**	66,01
7	0,432	0,1827	-	-	0,9537	2,11*	-	-	20,16**	554,53**	84,39
8	31,983	-0,1940	-0,7004	-0,8098	-	-1,66	-5,96**	-7,63**	-	167,00**	71,06
9	2,911	0,2439	-0,2086	-	0,9004	2,71**	-2,26*	-	17,17**	378,77**	84,77
10	3,545	0,2284	-	-0,2068	0,8834	2,60**	-	-2,34*	15,88**	379,55**	84,80
11	5,992	0,2890	-0,2074	-0,2057	0,8309	3,18**	-2,27*	-2,35*	13,91**	291,74**	85,18
12	32,753	-	-0,8011	-0,8975	-	-	-7,94**	-9,72**	-	247,04**	70,67
13	4,826	-	-0,1330	-	0,8188	-	-1,49	-	18,76**	547,49**	84,23
14	5,528	-	-	-0,1555	0,8021	-	-	-1,78	17,20**	550,46**	84,30
15	7,278	-	-0,1221	-0,1468	0,7584	-	-1,37	-1,68	13,44**	369,16**	84,44

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

1/ Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.7 - Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4) $\frac{1}{-}$ das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($H_F < 13$), no mês de outubro, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		C.V. (%)		
	Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄		AN.	VAR. (%)
1	23,201	-1,6227	-	-	-	-	-20,44**	-	-	-	417,82**	73,32	33,54
2	26,036	-	-	-1,2850	-	-	-	-13,33**	-	-	177,75**	53,90	44,09
3	28,390	-	-	-	-1,3589	-	-	-	-15,77**	-	248,68**	62,06	40,00
4	1,413	-	-	-	-	0,9627	-	-	-	32,01**	1024,87**	87,08	23,34
5	27,401	-1,2436	-	-0,5394	-	-	-13,33**	-6,26**	-	-	280,99**	78,82	29,98
6	27,886	-1,1399	-	-	-0,6042	-	-11,10**	-	-6,46**	-	285,78**	79,10	29,78
7	-3,183	0,3548	-	-	-	1,1444	2,21*	-	-	13,07**	527,92**	87,48	23,04
8	30,071	-0,9559	-	-0,4124	-0,4717	-	-9,32**	-4,95**	-5,18**	-	228,36**	82,03	27,70
9	-0,447	0,2973	-	-0,1147	-	1,0644	1,80	-1,48	-	10,37**	355,42**	87,66	22,95
10	1,551	0,3289	-	-	-0,2382	1,0192	2,10*	-	-3,05**	10,77**	374,33**	88,21	22,44
11	3,668	0,2818	-	-0,0957	-0,2299	0,9569	1,75	-1,26	-2,93**	8,98**	282,24**	88,34	22,39
12	31,929	-	-	-0,6939	-0,9310	-	-	-7,14**	-9,71**	-	190,64**	71,63	34,70
13	3,978	-	-	-0,1478	-	0,8976	-	-1,94	-	20,03**	523,69**	87,39	23,13
14	5,976	-	-	-	-0,2471	0,8466	-	-	-3,13**	17,92**	546,98**	87,87	22,69
15	7,939	-	-	-0,1267	-0,2344	0,7968	-	-1,70	-2,97**	14,41**	370,20**	88,10	22,55

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

1/- Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:

RA = $24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX}$ onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.8 – Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4) das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($HF < 7$), no mês de abril, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"	r ²	C.V	
Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	AN. VAR.	(%)	(%)
1	17,140	-2,4259	-	-	-	-11,08**	-	-	-	122,83**	86,60	33,23
2	17,778	-	-1,4503	-	-	-	-5,58**	-	-	31,15**	62,12	55,88
3	15,220	-	-	-1,035	-	-	-	-2,376*	-	5,64*	22,91	79,72
4	0,260	-	-	-	1,4314	-	-	-	9,40**	88,45**	82,31	38,18
5	17,592	-2,2654	-0,1381	-	-	-5,79**	-0,50	-	-	59,12**	86,78	33,91
6	21,770	-2,2538	-	-0,4779	-	-11,86**	-	-3,09**	-	94,02**	91,26	27,57
7	16,040	-2,2694	-	-	0,0975	-2,40*	-	-	0,17	58,29**	86,62	34,11
8	21,659	-2,3697	0,1074	-0,5027	-	-7,24**	0,44	-3,00**	-	59,94**	91,36	28,21
9	17,687	-2,2767	-0,1395	-	-0,0081	-2,36*	-0,45	-	-0,01	37,22**	86,78	34,89
10	25,246	-2,7056	-	-0,5025	-0,2871	-3,43**	-	-3,09**	-0,59	60,53**	91,43	28,08
11	24,650	-2,7127	0,0697	-0,5149	-0,2438	-3,34**	0,26	-2,96**	-0,46	42,93**	91,47	28,88
12	20,693	-	-1,3127	-0,3737	-	-	-4,61**	-1,14	-	16,47**	64,67	55,44
13	1,721	-	-0,1276	-	1,3387	-	-0,37	-	4,56**	42,29**	82,45	39,07
14	5,208	-	-	-0,4028	1,3286	-	-	-1,99	8,81**	53,12**	85,51	35,50
15	4,830	-	0,0407	-0,4099	1,3563	-	0,12	-1,89	4,94**	33,48**	85,52	36,52

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

1/ Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:

$RA = 24(TB - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde TB é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.9- Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4) ^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C (HF < 7), no mês de maio, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros			Teste "F"		r ²	C.V
Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	AN. VAR.	(%)
1	14,433	-1,8072	-	-	-	-16,46 **	-	-	-	271,22 **	82,38
2	17,471	-	-1,5334	-	-	-	-11,93 **	-	-	142,54 **	71,07
3	20,322	-	-	-1,4077	-	-	-	-8,85 **	-	78,41 **	57,48
4	1,471	-	-	-	1,1096	-	-	-	18,43 **	339,70 **	85,41
5	15,702	-1,4123	-0,4167	-	-	-6,64 **	-2,14 **	-	-	146,34 **	83,69
6	16,983	-1,5027	-	-0,3915	-	-9,96 **	-	-2,78 **	-	155,27 **	84,49
7	5,608	-0,5907	-	-	0,7705	-1,84	-	-	3,99 **	178,62 **	86,24
8	18,386	-1,0805	-0,4362	-0,4031	-	-4,73 **	-2,39 *	-2,98 **	-	114,02 **	85,93
9	7,066	-0,5105	-0,2055	-	0,6979	-1,55	-1,09	-	3,42 **	119,87 **	86,52
10	8,470	-0,6106	-	-0,2235	0,6478	-1,93	-	-1,58	3,15 **	123,06 **	86,82
11	10,843	-0,5094	-0,2680	-0,2605	0,5328	-1,58	-1,42	-1,83	2,43 **	94,52 **	87,30
12	21,497	-	-1,1022	-0,7154	-	-	-8,12 **	-5,16 **	-	116,19 **	80,30
13	4,137	-	-0,2715	-	0,9529	-	-1,46	-	7,76 **	174,22 **	85,90
14	4,060	-	-	-0,2126	1,0037	-	-	-1,47	10,74 **	174,35 **	85,95
15	7,927	-	-0,3339	-0,2609	0,7870	-	-1,80	-1,80	5,20 **	121,87 **	86,71
											24,84

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.10-Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4) $\frac{1}{4}$ das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C (HF < 7), no mês de junho, teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"	r ²	C.V	
Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	AN. VAR.	(%)	(%)
1	15,460	-1,8879	-	-	-	-23,54**	-	-	-	554,36**	82,57	23,04
2	17,146	-	-1,4076	-	-	-	-16,23**	-	-	263,43**	69,24	30,61
3	21,685	-	-	-1,4985	-	-	-	-13,20**	-	174,28**	59,83	34,98
4	1,829	-	-	-	1,0478	-	-	-	22,25**	495,21**	80,88	24,13
5	16,122	-1,5618	-0,3067	-	-	-9,94**	-2,39*	-	-	291,31**	83,39	22,58
6	17,918	-1,5479	-	-0,4271	-	-13,77**	-	-4,07**	-	322,44**	84,75	21,64
7	9,913	-1,1458	-	-	0,4397	-4,80**	-	-	3,28**	305,76**	84,05	22,13
8	18,871	-1,1407	-0,3600	-0,4577	-	-6,59**	-3,02**	-4,49**	-	233,11**	85,87	20,92
9	11,149	-1,0324	-0,2062	-	0,3769	-4,16**	-1,58	-	2,71**	207,35**	84,39	21,99
10	13,469	-1,0587	-	-0,3594	0,3218	-4,60**	-	-3,37**	2,42*	225,92**	85,49	21,20
11	15,717	-0,8841	-0,2965	-0,4069	0,2160	-3,72**	-2,37*	-3,83**	1,56	177,66**	86,17	20,79
12	21,582	-	-0,9707	-0,8211	-	-	-11,11**	-8,20**	-	240,07**	80,54	24,45
13	5,407	-	-0,3623	-	0,8318	-	-2,72**	-	9,09**	264,94**	82,04	23,49
14	6,636	-	-	-0,4143	0,8586	-	-	-3,61**	12,46**	279,69**	82,82	22,97
15	11,654	-	-0,4410	-0,4715	0,5696	-	-3,51**	-4,26**	5,41**	208,87**	84,49	21,92

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

1/ Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura à 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:

$RA = 24(TB - T_m)/\bar{T}_{MAX} - T_m$, onde TB é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.11-Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4) das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C (HF < 7), no mês de julho, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão					Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		r^2 (%)	C.V (%)
	Nº	a	b_1	b_2	b_3	b_4	b_1	b_2	b_3	b_4	AN.	VAR.	
1	15,701	-1,7726	-	-	-	-	-13,79**	-	-	-	190,25**	61,92	39,11
2	17,541	-	-1,4928	-	-	-	-	-11,58**	-	-	134,19**	53,42	43,26
3	22,964	-	-	-	-1,6535	-	-	-	-13,42**	-	179,99**	60,60	39,78
4	2,380	-	-	-	-	0,9739	-	-	-	21,40**	458,03**	79,65	28,59
5	16,943	-1,2994	-0,5192	-	-	-	-5,83**	-2,57*	-	-	102,97**	63,96	38,21
6	21,394	-1,0823	-	-	-0,9658	-	-7,39**	-	-6,99**	-	158,48**	73,20	32,95
7	4,471	-0,3149	-	-	-	0,8467	-1,87	-	-	10,37**	235,64**	80,24	28,29
8	21,889	-0,8267	-0,3148	-0,1010	-0,9219	-	-4,07**	-1,79	-6,63**	-	108,75**	73,93	32,64
9	4,913	-0,2484	-	-	-	0,8316	-1,26	-0,65	-	9,77**	156,45**	80,31	28,36
10	9,450	-0,2472	-	-	-0,4824	0,6858	-1,54	-	-3,75**	7,75**	179,50**	82,40	26,82
11	9,736	-0,1998	-0,0731	-0,8143	-0,4792	0,6759	-1,06	-0,49	-3,71**	7,43**	133,80**	82,43	26,90
12	23,286	-	-0,8143	-0,2028	-1,1200	-	-	-6,11**	-8,08**	-	136,58**	70,19	34,75
13	4,148	-	-	-0,2028	-	0,8900	-	-1,51	-	12,44**	232,69**	80,04	28,43
14	8,059	-	-	-	-0,5047	0,7770	-	-	-3,93**	11,77**	264,95**	82,04	28,97
15	9,223	-	-	-0,1539	-0,4889	0,7195	-	-1,21	-3,79**	8,85**	177,81**	82,26	26,92

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

1/ Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX}$ onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.12-Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4)^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C (HF < 7), no mês de agosto, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V) para as respectivas equações.

MET. Nº	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros			Teste "F"		r ² (%)	C.V (%)
	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄		
1	15,069	-1,9208	-	-	-	-17,32 **	-	-	-	76,33	32,50
2	16,796	-	-1,3660	-	-	-	-10,17 **	-	-	52,64	45,97
3	21,072	-	-	-1,4790	-	-	-	-10,56 **	-	54,53	45,05
4	1,406	-	-	-	1,0451	-	-	-	18,75 **	79,07	30,56
5	16,612	-1,5914	-0,3965	-	-	-10,53 **	-3,06 **	-	-	78,52	31,12
6	19,230	-1,4923	-	-0,6124	-	-11,79 **	-	-5,31 **	-	81,88	28,58
7	6,524	-0,7413	-	-	0,6748	-2,61 *	-	-	4,44 **	80,52	29,64
8	19,713	-1,3404	-0,2375	-0,5475	-	-9,11 **	-1,95	-4,62 **	-	82,61	28,16
9	8,708	-0,7202	-0,2358	-	0,5748	-2,57 *	-1,82	-	3,60 **	81,20	29,28
10	13,062	-0,8764	-	-0,4686	0,4099	-3,27 **	-	-3,75 **	2,58 *	83,12	27,74
11	14,264	-0,8536	-0,1694	-0,4423	0,3530	-3,19 **	-1,37	-3,51 **	2,16 *	83,46	27,61
12	22,102	-	-0,8274	-0,9456	-	-	-5,82 **	-6,25 **	-	66,75	38,73
13	3,870	-	-0,2495	-	0,9281	-	-1,87	-	11,14 **	182,21 **	79,84
14	6,355	-	-	-0,4138	0,8708	-	-	-3,18 **	11,40 **	197,98 **	81,14
15	7,930	-	-0,1939	-0,3853	0,7919	-	-1,50	-2,95 **	8,57 **	134,51 **	81,59
										28,97	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.13- Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4)^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($H_F < 7$), no mês de setembro, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão					Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		r ²	C.V
Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	AN. VAR.	(%)	(%)	(%)
1	13,979	-1,8285	-	-	-	-18,08 **	-	-	-	326,99 **	83,63	27,93	
2	14,848	-	-1,0111	-	-	-	-6,19 **	-	-	38,32 **	37,45	54,60	
3	21,323	-	-	-1,4432	-	-	-	-13,55 **	-	183,73 **	74,16	35,09	
4	1,082	-	-	-	1,0922	-	-	-	18,05 **	325,73 **	83,57	27,97	
5	14,731	-1,7325	-0,1287	-	-	-13,54 **	-1,22	-	-	165,47 **	84,00	27,82	
6	18,501	-1,2293	-	-0,6647	-	-10,31 **	-	-6,65 **	-	295,97 **	90,38	21,58	
7	7,652	-0,9377	-	-	0,5433	-1,89	-	-	1,84	171,26 **	84,46	27,42	
8	18,750	-1,1977	-0,0533	-0,6556	-	-9,24 **	-0,64	-6,46 **	-	195,60 **	90,44	21,68	
9	8,887	-0,9918	-0,0764	-	0,4756	-1,97	-0,69	-	1,52	113,39 **	84,58	27,54	
10	17,626	-1,1234	-	-0,6554	0,0697	-2,86 **	-	-6,19 **	0,28	194,46 **	90,39	21,74	
11	18,400	-1,1584	-0,0507	-0,6524	0,0269	-2,90 **	-0,58	-6,12 **	0,10	144,36 **	90,44	21,85	
12	22,470	-	-0,3455	-1,2546	-	-	-2,93 **	-10,51 **	-	107,09 **	77,27	33,17	
13	1,562	-	-0,0427	-	1,0720	-	-0,38	-	13,32 **	160,77 **	83,61	28,16	
14	9,450	-	-	-0,6323	0,7401	-	-	-5,67 **	9,31 **	258,27 **	89,12	22,94	
15	9,577	-	-0,0124	-0,6314	0,7347	-	-0,13	-5,61 **	8,23 **	169,50 **	89,13	23,12	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{1/} Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:

$RA = 24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Tabela 4.14-Parâmetros linear (a) e angulares (b_1 , b_2 , b_3 e b_4)^{1/} das equações de regressão simples (1 a 4) ou múltiplas (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C (HF < 7), no mês de outubro, teste "t", teste "F" e coeficientes de determinação (r^2) e de variação (C.V.) para as respectivas equações.

MÉT.	Parâmetros da Eq. de Regressão				Teste "t" dos Parâmetros				Teste "F"		r ²	C.V
Nº	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	AN. VAR.	(%)	(%)
1	13,810	-1,8617	-	-	-	-10,79**	-	-	-	116,40 **	85,96	23,37
2	8,032	-	-0,3686	-	-	-	-1,65	-	-	2,72	12,50	58,36
3	14,279	-	-	-0,9071	-	-	-	-3,27**	-	10,72 **	36,06	49,88
4	0,537	-	-	-	1,1694	-	-	-	11,77**	138,50**	87,93	21,67
5	14,134	-1,8349	-0,0404	-	-	-9,76**	-0,41	-	-	55,75**	86,10	23,90
6	15,547	-1,7032	-	-0,2235	-	-8,62**	-	-1,50	-	63,19**	87,53	22,63
7	2,647	-0,2979	-	-	0,9874	-0,33	-	-	1,75	66,05**	88,00	22,19
8	15,662	-1,6940	-0,0189	-0,2187	-	-8,13**	-0,20	-1,41	-	39,89**	87,56	23,26
9	-8,924	0,9861	0,1883	-	1,8772	0,77	1,39	-	2,22*	46,94**	89,22	21,64
10	5,688	-0,4061	-	-0,1767	0,8400	-0,45	-	-1,20	1,47	45,58**	88,94	21,93
11	-5,823	0,8688	0,1868	-0,1749	1,7242	0,69	1,40	-1,22	2,05	36,58**	90,14	21,34
12	15,523	-	-0,1937	-0,8204	-	-	-0,96	-2,81*	-	5,80*	39,19	49,98
13	-0,948	-	0,1129	-	1,2326	-	1,22	-	11,10**	71,74**	88,85	21,40
14	2,727	-	-	-0,1701	1,0911	-	-	-1,19	9,21**	71,43**	88,80	21,44
15	1,296	-	0,1207	-0,1823	1,1530	-	1,32	-1,29	9,21**	50,18**	89,85	21,01

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , correspondem respectivamente às variáveis temperatura mínima (T_m), temperatura às 9 horas (T_9), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA) dada pela expressão:
 $RA = 24 (T_B - T_m) / \bar{T}_{MAX} - T_m$, onde T_B é a temperatura base e $\bar{T}_{MAX}$ é a média da temperatura máxima do dia com a temperatura máxima do dia anterior.

Figura 3 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de abril. As estimativas feitas pelos métodos 16, 1, 3 e 4, fazem parte dos valores representados nas figuras 3a, 3b, 3c e 3d, respectivamente.

Figura 4 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13 observ; HF < 13 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de abril. As estimativas feitas pelos métodos 5, 6, 7 e 8, fazem parte dos valores representados nas figuras 4a, 4c e 4d, respectivamente.

Figura 5 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), nos meses de abril (fig. 5a) e maio (fig. 5b, 5c e 5d). As estimativas feitas pelos métodos 10, 16, 1 e 2, fazem parte dos valores representados nas figuras 5a, 5b, 5c e 5d, respectivamente.

Figura 6 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), do mês de maio. As estimativas feitas pelos métodos 3, 4, 5 e 6, fazem parte dos valores representados nas figuras 6a, 6b, 6c e 6d, respectivamente.

Figura 7 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13 observ; HF < 13 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de maio. As estimativas feitas pelos métodos 8, 12, 13 e 14, fazem parte dos valores representados nas figuras 7a, 7b, 7c e 7d, respectivamente.

Figura 8 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13 observ; HF < 13 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de junho. As estimativas feitas pelos métodos 16, 3, 4 e 6, fazem parte dos valores representados nas figuras 8a, 8b, 8c e 8d, respectivamente.

Figura 9 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de junho. As estimativas feitas pelos métodos 7, 8, 11 e 12, fazem parte dos valores representados nas figuras 9a, 9b, 9c e 9d, respectivamente.

Figura 10 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), nos meses de junho (fig. 10a, 10b e 10c) e julho (fig. 10d). As estimativas feitas pelos métodos 13, 14, 15 e 16, fazem parte dos valores representados nas figuras 10a, 10b, 10c e 10d respectivamente.

Figura 11 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13 observ; HF < 13 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de julho. As estimativas feitas pelos métodos 4, 6, 7 e 9, fazem parte dos valores representados nas figuras 11a, 11b, 11c e 11d, respectivamente.

Figura 12 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de julho. As estimativas feitas pelos métodos 10, 12, 13 e 14, fazem parte dos valores representados nas figuras 12a, 12b, 12c e 12d, respectivamente.

Figura 13 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), nos meses de julho (fig. 13a) e agosto (fig. 13b, 13c, 13d). As estimativas feitas pelos métodos 15, 16, 2 e 4, fazem parte dos valores representados nas figuras 13a, 13b, 13c e 13d, respectivamente.

Figura 14 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de agosto. As estimativas feitas pelos métodos 9, 11, 13 e 14, fazem parte dos valores representados nas figuras 14a, 14b, 14c e 14d, respectivamente.

Figura 15 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13 observ; HF < 13 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de setembro. As estimativas feitas pelos métodos 16, 3, 4 e 5, fazem parte dos valores representados nas figuras 15a, 15b, 15c e 15d, respectivamente.

Figura 16 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de setembro. As estimativas feitas pelos métodos 6, 7, 9 e 10, fazem parte dos valores representados nas figuras 16a, 16b, 16c e 16d, respectivamente.

Figura 17 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ($\text{HF} < 13$ observ; $\text{HF} < 13$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), nos meses de setembro (fig. 17a e 17b) e outubro (fig. 17c e 17d). As estimativas feitas pe los métodos 11, 12, 16 e 1, fazem parte dos valores repre sentados nas figuras 17a, 17b, 17c, 17d, respectivamente.

Figura 18 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13 observ; HF < 13 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de outubro. As estimativas feitas pelos métodos 3, 4, 5 e 6, fazem parte dos valores representados nas figuras 18a, 18b, 18c e 18d, respectivamente.

Figura 19 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C (HF < 13 observ; HF < 13 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de outubro. As estimativas feitas pelos métodos 7, 8, 10 e 14 fazem parte dos valores representados nas figuras 19a, 19b, 19c e 19d, respectivamente.

Figura 20 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de abril. As estimativas feitas pelos métodos 16, 1, 2 e 4 fazem parte dos valores representados nas figuras 20a, 20b, 20c e 20d, respectivamente.

Figura 21 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), nos meses de abril (fig. 21a) e maio (fig. 21b, 21c e 21d). As estimativas feitas pelos métodos 6, 16, 1 e 2, fazem parte dos valores representados nas figuras 21a, 21b, 21c e 21d, respectivamente.

Figura 22 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de maio. As estimativas feitas pelos métodos 3, 4, 5 e 6, fazem parte dos valores representados nas figuras 22a, 22b, 22c e 22d, respectivamente.

Figura 23 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), nos meses de maio (fig. 23a e 23b) e junho (23c e 23d). As estimativas feitas pelos métodos 8, 12, 16 e 1, fazem parte dos valores representados nas figuras 23a, 23b, 23c e 23d, respectivamente.

Figura 24 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de junho. As estimativas feitas pelos métodos 2, 3, 4 e 5, fazem parte dos valores representados nas figuras 24a, 24b, 24c e 24d, respectivamente.

Figura 25 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de junho. As estimativas feitas pelos métodos 6, 7, 8 e 10, fazem parte dos valores representados nas figuras 25a, 25b, 25c e 25d, respectivamente.

Figura 26 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de junho. As estimativas feitas pelos métodos 12, 13, 14 e 15, fazem parte dos valores representados nas figuras 26a, 26b, 23c e 26d, respectivamente.

Figura 27 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C (HF < 7 observ; HF < 7 estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de julho. As estimativas feitas pelos métodos 16, 1, 4 e 5, fazem parte dos valores representados nas figuras 27a, 27b, 27c e 27d, respectivamente.

Figura 28 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), nos meses de julho (fig. 28a, 28b e 28c) e agosto (fig. 28d). As estimativas feitas pelos métodos 6, 12, 14 e 16, fazem parte dos valores representados nas figuras 28a, 28b, 28c e 28d, respectivamente.

Figura 29 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de agosto. As estimativas feitas pelos métodos 1, 4, 5 e 6, fazem parte dos valores representados nas figuras 29a, 29b, 29c e 29d, respectivamente.

Figura 30 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de agosto. As estimativas feitas pelos métodos 7, 10, 12 e 14, fazem parte dos valores representados nas figuras 30a, 30b, 30c e 30d, respectivamente.

Figura 31 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de setembro. As estimativas feitas pelos métodos 16, 1, 3 e 4, fazem parte dos valores representados nas figuras 31a, 31b, 31c, 31d, respectivamente.

Figura 32 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de setembro. As estimativas feitas pelos métodos 6, 11, 12 e 14, fazem parte dos valores representados nas figuras 32a, 32b, 32c e 32d, respectivamente.

Figura 33 - Correlação entre os totais diários observados e estimados de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ($\text{HF} < 7$ observ; $\text{HF} < 7$ estim.), com os respectivos coeficientes de determinação (r^2), no mês de outubro. As estimativas feitas pelos métodos 16, 1, 4 e 11, fazem parte dos valores representados nas figuras 33a, 33b, 33c e 33d, respectivamente.

mum a necessidade de se acrescentar um fator de ajuste à equação. Pode-se também utilizá-la como uma variável independente na obtenção de equações de regressão para estimativa de horas de frio, pelo método dos quadrados mínimos. Entretanto, para os dois casos citados, alguns cuidados devem ser observados, como por exemplo, evitar a obtenção de valores de estimativa de horas de frio negativos, nos períodos com temperatura mínima maior que a temperatura base. Isso foi verificado por ARON (1975), que em uma primeira análise incluiu todos os dados de temperatura máxima e mínima médios mensais ($\bar{T}_M$ e $\bar{T}_m$) e posteriormente teve de excluir esses dados dos meses mais quentes em que observou a condição: $\bar{T}_m > TB$, para ajustar suas equações de estimativa de horas de frio para o Estado da Califórnia, E.U.A. Dessa forma justifica-se plenamente a inclusão para análise de somente os dados diários de Santa Maria-RS, em que observou-se a condição: $T_m < TB$. Mesmo assim, nos dias em que os valores de temperatura mínima e da temperatura base se aproximavam da igualdade, juntamente com amplitude térmica diária pequena, ou ainda com temperatura das 21 horas do dia anterior pouco acima da "TB" (somente para o método 16), observou-se superestimativas de horas de frio pelo método 4 e, principalmente, pelo método 16 (equação analítica 3.3).

ARON (1975) comenta também que nos meses muito frios, as equações de regressão teoricamente poderiam proporcionar superestimativas de totais mensais de horas de frio com valores acima do máximo real possível para o período, o que entretanto não se verificou nas estimativas feitas pelas suas equações de regressão para os locais analisados na Califórnia. Observando-se a tabela 4.15, verifica-se que foram relativamente poucos os dias para cujos dados utilizou-se a equação analítica 3.8, a qual serve de indicativo de que a temperatura do ar permaneceu abaixo da temperatura base (TB) durante as 24 horas do período. Considerando a temperatura base de 13°C , alguns valores de estimativa maiores que 24 horas de frio foram obtidos por algu-

Tabela 4.15 - Número de dados diários enquadrados nos diferentes casos ^{1/}, para a utilização das respectivas equações de estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C e 7°C, nos meses de abril a outubro, em 12 anos de observação, para Santa Maria-RS.

Mês	Temperatura base °C	Número de dados diários enquadrados nos diferentes casos						
		Eq. An. "3.3"	Eq. An. "3.4"	Eq. An. "3.5"	Eq. An. "3.6"	Eq. An. "3.7"	Eq. An. "3.8"	Eq. An. "3.9"
Abril	13	105	25	0	0	0	0	2
	7	17	0	0	0	0	0	4
Maio	13	122	76	3	5	0	2	5
	7	55	5	0	0	0	0	1
Junho	13	71	115	19	19	0	14	1
	7	82	38	0	0	0	0	0
Julho	13	57	103	26	23	3	18	3
	7	90	24	2	2	0	0	2
Agosto	13	98	106	15	12	3	6	5
	7	84	9	0	0	0	0	4
Setembro	13	124	72	6	4	2	0	7
	7	60	2	0	0	0	0	4
Outubro	13	127	13	0	0	0	0	4
	7	21	0	0	0	0	0	0

^{1/} Os casos a, b, c, d, e, f e g, correspondem a utilização das equações analíticas 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9, respectivamente.

Tabela 4.16. Valores médio dos totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C e 7°C observados e estimados pelas diferentes equações analíticas, em cada mês, para Santa Maria - RS.

Mês	Tempe- ratura base O _c	VALORES MÉDIOS DOS TOTAIS DIÁRIOS DE HORAS DE FRIO															
		EQ. AN. 3.3		EQ. AN. 3.4		EQ. AN. 3.5		EQ. AN. 3.6		EQ. AN. 3.7		EQ. AN. 3.8		EQ. AN. 3.9			
		OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.
Abril	13	6,20	5,86	13,59	14,60	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	4,11	3,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Maio	13	7,15	6,45	14,96	15,52	20,50	21,72	22,76	21,07	-	-	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	5,66	5,08	13,70	14,12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Junho	13	8,10	7,63	17,09	17,41	21,04	22,19	22,71	20,84	-	-	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	6,70	6,28	13,89	14,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Julho	13	6,93	6,85	15,80	16,38	19,55	21,34	22,94	20,53	10,17	10,68	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	6,36	5,77	14,26	15,00	18,75	19,97	20,40	19,65	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	13	7,81	7,48	16,03	16,48	19,59	21,10	22,00	20,28	12,67	12,14	24,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	5,89	5,62	12,39	13,96	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro	13	8,03	7,52	14,86	15,88	19,40	21,38	23,67	20,30	11,50	11,15	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	5,53	5,03	12,25	13,91	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro	13	5,91	5,64	14,11	15,57	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	3,75	3,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00

mas equações de regressão nos meses de maio, junho, julho e agosto, mas que em termos globais não proporcionaram erros significativos, tornando desnecessário sua correção. Essas superestimativas foram desprezadas quando da representação gráfica dos valores observados e estimados ao longo da linha 1:1 (figuras 3 à 33), para não se alterar a escala utilizada nesses gráficos, e também devido a sua pequena expressão em relação aos demais dados.

Observando-se as figuras 3 à 33, verifica-se que, em termos médios, todas as equações de regressão (métodos 1 à 15), superestimaram os totais diários de horas de frio de valores pequenos. Baseando-se nos valores dos coeficientes de determinação r^2 , obtidos pela correlação entre os totais diários de horas de frio ($HF < 13$ ou $HF < 7$), observados e estimados, para cada mês (tabelas 4.31 e 4.32) verifica-se também que as equações de regressão em que foram incluídas as variáveis independentes T_m e, ou RA (métodos 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14 e 15), apresentaram a tendência de proporcionar melhores estimativas nos meses menos frios, tendência essa também verificada com as estimativas efetuadas através das equações analíticas (método 16). Entretanto, para as estimativas feitas pelas equações de regressão que incluem somente as variáveis independentes " T_9 " e, ou " T_{21} " (métodos 2, 3 e 12), essa tendência não foi observada, exceto quando da estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de $13^{\circ}C$, pelo método 12. Essa observação genearalizada sugere que a inclusão adicional das variáveis T_9 e T_{21} na obtenção de equações de regressão múltipla proporcionaria melhores estimativas nos meses mais frios, o que realmente foi verificado, principalmente para a variável " T_{21} ". Todavia essa melhora não foi significativa estatisticamente com relação as estimativas feitas pela equação geral $HF < TB = a + bT_m + cRA$, (método 7), para qualquer mês e para as temperaturas base estudadas, conforme observa-se nas tabelas 4.17 a 4.30.

Tabela 4.17 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de abril.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	22,36 **	0,8915	1,4292	de
2	T_9	13,92 **	0,7747	1,0320	f
3	T_{21}	21,79 **	0,8867	1,4063	e
4	RA	29,01 **	0,9311	1,6666	bcd
5	$T_m; T_9$	23,58 **	0,9009	1,4770	cde
6	$T_m; T_{21}$	29,61 **	0,9336	1,6857	bc
7	$T_m; RA$	29,20 **	0,9319	1,6726	bc
8	$T_m; T_9; T_{21}$	30,09 **	0,9355	1,7007	bc
9	$T_m; T_9; RA$	29,32 **	0,9324	1,6765	bc
10	$T_m; T_{21}; RA$	34,14 **	0,9488	1,8196	b
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	34,16 **	0,9489	1,8206	b
12	$T_9; T_{21}$	24,41 **	0,9066	1,5081	cde
13	$T_9; RA$	29,15 **	0,9317	1,6711	bc
14	$T_{21}; RA$	34,01 **	0,9485	1,8166	b
15	$T_9; T_{21}; RA$	34,03 **	0,9485	1,8166	b
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	49,10 **	0,9742	2,1688	a

** Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si, pelo teste t .

Tabela 4.18 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de maio.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	20,86 **	0,8213	1,1608	c
2	T_9	20,50 **	0,8165	1,1462	c
3	T_{21}	20,23 **	0,8129	1,1355	c
4	RA	33,62 **	0,9183	1,5781	b
5	$T_m; T_9$	22,29 **	0,8383	1,2154	c
6	$T_m; T_{21}$	24,44 **	0,8601	1,2937	c
7	$T_m; RA$	33,84 **	0,9192	1,5838	b
8	$T_m; T_9; T_{21}$	25,47 **	0,8691	1,3294	c
9	$T_m; T_9; RA$	34,08 **	0,9202	1,5903	b
10	$T_m; T_{21}; RA$	34,92 **	0,9236	1,6130	b
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	35,13 **	0,9244	1,6185	b
12	$T_9; T_{21}$	24,93 **	0,8645	1,3109	c
13	$T_9; RA$	34,08 **	0,9202	1,5903	b
14	$T_{21}; RA$	34,91 **	0,9235	1,6123	b
15	$T_9; T_{21}; RA$	35,10 **	0,9243	1,6178	b
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	51,77 **	0,9629	1,9843	a

** Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si, pelo teste t .

Tabela 4.19 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de junho.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	16,82 **	0,7404	0,9514	f
2	T_9	18,33 **	0,7684	1,0164	f
3	T_{21}	20,40 **	0,8006	1,3211	c
4	RA	32,74 **	0,9063	1,5064	b
5	T_m ; T_9	18,77 **	0,7758	1,0347	ef
6	T_m ; T_{21}	21,08 **	0,8099	1,1267	def
7	T_m ; RA	33,32 **	0,9091	1,5223	b
8	T_m ; T_9 ; T_{21}	23,56 **	0,8392	1,2185	cd
9	T_m ; T_9 ; RA	34,06 **	0,9125	1,5423	b
10	T_m ; T_{21} ; RA	34,82 **	0,9158	1,5624	b
11	T_m ; T_9 ; T_{21} ; RA	35,94 **	0,9204	1,5916	b
12	T_9 ; T_{21}	23,19 **	0,8353	1,2054	cde
13	T_9 ; RA	34,04 **	0,9124	1,5417	b
14	T_{21} ; RA	34,81 **	0,9158	1,5624	b
15	T_9 ; T_{21} ; RA	35,24 **	0,9176	1,5736	b
16	TM_1 ; TM_2 ; T_m ; T_{21}	44,49 **	0,9458	1,7904	a

** Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si, pelo teste t .

Tabela 4.20 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de julho.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	17,01 **	0,7463	0,9646	e
2	T_9	18,40 **	0,7717	1,0245	e
3	T_{21}	17,70 **	0,7592	0,9943	e
4	RA	19,00 **	0,7815	1,0492	e
5	$T_m; T_9$	19,39 **	0,7876	1,0651	de
6	$T_m; T_{21}$	20,46 **	0,8033	1,1078	cde
7	$T_m; RA$	24,64 **	0,8516	1,2619	bc
8	$T_m; T_9; T_{21}$	23,86 **	0,8439	1,2346	bcd
9	$T_m; T_9; RA$	26,42 **	0,8672	1,3217	b
10	$T_m; T_{21}; RA$	26,03 **	0,8640	1,3089	b
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	28,59 **	0,8834	1,3910	b
12	$T_9; T_{21}$	23,84 **	0,8436	1,2335	bcd
13	$T_9; RA$	25,94 **	0,8632	1,3058	b
14	$T_{21}; RA$	23,84 **	0,8436	1,2335	bcd
15	$T_9; T_{21}; RA$	28,58 **	0,8833	1,3906	b
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	39,65 **	0,9340	1,6888	a

** Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si, pelo teste t .

Tabela 4.21 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de agosto.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	14,74 **	0,6900	0,8480	d
2	T_9	18,32 **	0,7642	1,0062	cd
3	T_{21}	16,33 **	0,7262	0,9206	d
4	RA	30,24 **	0,8903	1,4234	b
5	T_m ; T_9	18,66 **	0,7700	1,0203	cd
6	T_m ; T_{21}	18,40 **	0,7656	1,0096	cd
7	T_m ; RA	30,25 **	0,8904	1,4239	b
8	T_m ; T_9 ; T_{21}	22,37 **	0,8226	1,1648	c
9	T_m ; T_9 ; RA	32,67 **	0,9038	1,4926	b
10	T_m ; T_{21} ; RA	30,79 **	0,8936	1,4395	b
11	T_m ; T_9 ; T_{21} ; RA	33,42 **	0,9075	1,5132	b
12	T_9 ; T_{21}	22,31 **	0,8218	1,1624	c
13	T_9 ; RA	31,90 **	0,8998	1,4712	b
14	T_{21} ; RA	30,77 **	0,8935	1,4390	b
15	T_9 ; T_{21} ; RA	30,21 **	0,9015	1,4802	b
16	TM_1 ; TM_2 ; T_m ; T_{21}	43,99 **	0,9434	1,7681	a

** Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si, pelo teste t .

Tabela 4.22 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de setembro.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	15,39 **	0,7312	0,9313	d
2	T_9	16,58 **	0,7559	0,9866	cd
3	T_{21}	18,20 **	0,7851	1,0585	bcd
4	RA	32,96 **	0,9168	1,5686	a
5	$T_m; T_9$	18,65 **	0,7924	1,0778	bcd
6	$T_m; T_{21}$	20,01 **	0,8125	1,1343	bc
7	$T_m; RA$	33,38 **	0,9186	1,5800	a
8	$T_m; T_9; T_{21}$	22,49 **	0,8429	1,2311	b
9	$T_m; T_9; RA$	33,87 **	0,9207	1,5936	a
10	$T_m; T_{21}; RA$	33,91 **	0,9209	1,5949	a
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	34,41 **	0,9229	1,6082	a
12	$T_9; T_{21}$	22,28 **	0,8406	1,2232	b
13	$T_9; RA$	33,17 **	0,9177	1,5743	a
14	$T_{21}; RA$	33,26 **	0,9181	1,5768	a
15	$T_9; T_{21}; RA$	33,44 **	0,9189	1,5819	a
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	40,00 **	0,9412	1,7485	a

** Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si, pelo teste t .

Tabela 4.23 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de outubro.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	20,44 **	0,8563	1,2793	cde
2	T_9	13,33 **	0,7341	0,9376	f
3	T_{21}	15,77 **	0,7878	1,0656	ef
4	RA	32,01 **	0,9331	1,6818	ab
5	$T_m; T_9$	23,78 **	0,8878	1,4114	cd
6	$T_m; T_{21}$	23,99 **	0,8893	1,4186	cd
7	$T_m; RA$	32,60 **	0,9353	1,6991	ab
8	$T_m; T_9; T_{21}$	26,35 **	0,9057	1,5031	bc
9	$T_m; T_9; RA$	32,87 **	0,9363	1,7072	ab
10	$T_m; T_{21}; RA$	33,73 **	0,9392	1,7312	a
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	33,94 **	0,9398	1,7363	a
12	$T_9; T_{21}$	19,59 **	0,8463	1,2430	de
13	$T_9; RA$	32,47 **	0,9348	1,6951	ab
14	$T_{21}; RA$	33,18 **	0,9373	1,7153	ab
15	$T_9; T_{21}; RA$	33,55 **	0,9386	1,7262	ab
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	39,80 **	0,9552	1,8880	a

** Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre si, pelo teste t.

Tabela 4.24 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t , para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de abril.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	11,08 **	0,9306	1,6628	ab
2	T_9	5,58 **	0,7881	1,0664	bc
3	T_{21}	2,38 *	0,4786	0,5212	c
4	RA	9,41 **	0,9072	1,5115	ab
5	T_m ; T_9	11,17 **	0,9316	1,6704	ab
6	T_m ; T_{21}	14,09 **	0,9553	1,8892	a
7	T_m ; RA	11,09 **	0,9307	1,6636	ab
8	T_m ; T_9 ; T_{21}	14,18 **	0,9558	1,8949	a
9	T_m ; T_9 ; RA	11,17 **	0,9316	1,6704	ab
10	T_m ; T_{21} ; RA	14,25 **	0,9562	1,8996	a
11	T_m ; T_9 ; T_{21} ; RA	14,28 **	0,9564	1,9019	a
12	T_9 ; T_{21}	5,90 **	0,8042	1,1104	bc
13	T_9 ; RA	9,45 **	0,9080	1,5160	ab
14	T_{21} ; RA	10,59 **	0,9247	1,6205	ab
15	T_9 ; T_{21} ; RA	10,60 **	0,9248	1,6212	ab
16	TM_1 ; TM_2 ; T_m ; T_{21}	16,51 **	0,9668	2,0408	a

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t .

Tabela 4.25 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t , para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de maio.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	16,47 **	0,9076	1,5137	ab
2	T_9	11,94 **	0,8430	1,2315	bc
3	T_{21}	8,86 **	0,7581	0,9917	c
4	RA	18,43 **	0,9242	1,6171	a
5	$T_m; T_9$	17,26 **	0,9148	1,5562	ab
6	$T_m; T_{21}$	17,78 **	0,9191	1,5832	ab
7	$T_m; RA$	19,07 **	0,9286	1,6481	a
8	$T_m; T_9; T_{21}$	18,82 **	0,9269	1,6359	a
9	$T_m; T_9; RA$	19,30 **	0,9301	1,6591	a
10	$T_m; T_{21}; RA$	19,55 **	0,9318	1,6719	a
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	19,97 **	0,9343	1,6912	a
12	$T_9; T_{21}$	15,38 **	0,8961	1,4521	ab
13	$T_9; RA$	18,83 **	0,9270	1,6366	a
14	$T_{21}; RA$	18,84 **	0,9270	1,6366	a
15	$T_9; T_{21}; RA$	19,46 **	0,9312	1,6674	a
16 (AN.)	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	20,61 **	0,9379	1,7203	a

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste "t".

Tabela 4.26 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t , para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de junho.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	23,54 **	0,9086	1,5194	ab
2	T_9	16,23 **	0,8321	1,1949	c
3	T_{21}	13,20 **	0,7735	1,0290	c
4	RA	22,25 **	0,8993	1,4686	b
5	$T_m; T_9$	24,24 **	0,9132	1,5465	ab
6	$T_m; T_{21}$	25,50 **	0,9206	1,5929	ab
7	$T_m; RA$	24,84 **	0,9168	1,5686	ab
8	$T_m; T_9; T_{21}$	26,67 **	0,9267	1,6345	ab
9	$T_m; T_9; RA$	25,16 **	0,9186	1,5800	ab
10	$T_m; T_{21}; RA$	26,26 **	0,9246	1,6198	ab
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	27,01 **	0,9283	1,6459	ab
12	$T_9; T_{21}$	22,01 **	0,8974	1,4587	b
13	$T_9; RA$	23,12 **	0,9057	1,5031	a
14	$T_{21}; RA$	23,75 **	0,9100	1,5275	a
15	$T_9; T_{21}; RA$	25,25 **	0,9192	1,5838	a
16 (AN.)	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	30,12 **	0,9411	1,7476	a

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t .

Tabela 4.27 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t , para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de julho.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	13,79 **	0,7868	1,0630	de
2	T_9	11,58 **	0,7309	0,9307	e
3	T_{21}	13,42 **	0,7784	1,0413	de
4	RA	21,40 **	0,8924	1,4336	abc
5	$T_m; T_9$	14,41 **	0,7998	1,0981	de
6	$T_m; T_{21}$	17,88 **	0,8556	1,2767	bcd
7	$T_m; RA$	21,80 **	0,8958	1,4505	abc
8	$T_m; T_9; T_{21}$	18,22 **	0,8598	1,2926	bcd
9	$T_m; T_9; RA$	21,85 **	0,8962	1,4526	abc
10	$T_m; T_{21}; RA$	23,41 **	0,9077	1,5143	ab
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	23,44 **	0,9079	1,5154	ab
12	$T_9; T_{21}$	16,60 **	0,8378	1,2137	cd
13	$T_9; RA$	21,67 **	0,8946	1,4445	abc
14	$T_{21}; RA$	23,12 **	0,9057	1,5031	ab
15	$T_9; T_{21}; RA$	23,30 **	0,9070	1,5103	ab
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	27,53 **	0,9307	1,6636	a

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t .

Tabela 4.28 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t , para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de agosto.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	Tm	17,32 **	0,8737	1,3485	ab
2	T_9	10,17 **	0,7256	0,9194	c
3	T_{21}	10,56 **	0,7384	0,9469	c
4	RA	18,75 **	0,8892	1,4181	ab
5	Tm; T_9	18,44 **	0,8861	1,4037	ab
6	Tm; T_{21}	20,51 **	0,9049	1,4986	a
7	Tm; RA	19,61 **	0,8973	1,4582	a
8	Tm; T_9 ; T_{21}	21,02 **	0,9089	1,5212	a
9	Tm; T_9 ; RA	20,04 **	0,9011	1,4780	a
10	Tm; T_{21} ; RA	21,40 **	0,9117	1,5375	a
11	Tm; T_9 ; T_{21} ; RA	21,67 **	0,9136	1,5489	a
12	T_9 ; T_{21}	13,66 **	0,8170	1,1477	bc
13	T_9 ; RA	19,19 **	0,8935	1,4390	a
14	T_{21} ; RA	20,01 **	0,9008	1,4764	a
15	T_9 ; T_{21} ; RA	20,31 **	0,9033	1,4899	a
16	TM_1 ; TM_2 ; Tm; T_{21}	22,65 **	0,9200	1,5890	a

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t .

Tabela 4.29 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t , para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de setembro.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	18,08**	0,9145	1,5543	bc
2	T_9	6,19**	0,6119	0,7119	d
3	T_{21}	13,55**	0,8611	1,2976	c
4	RA	18,05**	0,9142	1,5525	bc
5	$T_m; T_9$	18,34**	0,9165	1,5667	bc
6	$T_m; T_{21}$	24,52**	0,9506	1,8380	ab
7	$T_m; RA$	18,65**	0,9190	1,5826	bc
8	$T_m; T_9; T_{21}$	24,61**	0,9510	1,8421	ab
9	$T_m; T_9; RA$	18,74**	0,9196	1,5864	bc
10	$T_m; T_{21}; RA$	24,54**	0,9507	1,8390	ab
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	24,61**	0,9510	1,8421	ab
12	$T_9; T_{21}$	14,75**	0,8790	1,3714	c
13	$T_9; RA$	18,07**	0,9144	1,5537	bc
14	$T_{21}; RA$	22,91**	0,9440	1,7736	ab
15	$T_9; T_{21}; RA$	22,91**	0,9441	1,7745	ab
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	30,58**	0,9674	2,0501	a

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t .

Tabela 4.30 - Valores do coeficiente de correlação (r), da transformação $z(r)$ e de t_r para teste t, para a correlação entre os totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C observados e estimados através dos diferentes métodos, para o mês de outubro.

Método	Variáveis Utilizadas	t_r	r	$z(r)$	
1	T_m	10,78**	0,9271	1,6373	a
2	T_9	1,65	0,3536	0,3696	b
3	T_{21}	3,27**	0,6005	0,6939	b
4	RA	11,77**	0,9377	1,7186	a
5	$T_m; T_9$	10,84**	0,9279	1,6431	a
6	$T_m; T_{21}$	11,55**	0,9355	1,7007	a
7	$T_m; RA$	11,81**	0,9381	1,7220	a
8	$T_m; T_9; T_{21}$	11,57**	0,9357	1,7023	a
9	$T_m; T_9; RA$	12,55**	0,9446	1,7791	a
10	$T_m; T_{21}; RA$	12,36**	0,9430	1,7645	a
11	$T_m; T_9; T_{21}; RA$	13,18**	0,9494	1,8257	a
12	$T_9; T_{21}$	3,50**	0,6260	0,7348	b
13	$T_9; RA$	12,31**	0,9426	1,7609	a
14	$T_{21}; RA$	12,28**	0,9423	1,7582	a
15	$T_9; T_{21}; RA$	12,97**	0,9479	1,8107	a
16	$TM_1; TM_2; T_m; T_{21}$	10,46**	0,9230	1,6089	a

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Obs: As letras iguais indicam que os métodos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Tabela 4.31 - Coeficientes de determinação (r^2) para a correlação entre os totais diários de horas de frio observados e estimados pelos diferentes métodos, nos meses de abril a outubro, para a temperatura base de 13°C.

Método	r^2						
	Abril	Maio	junho	julho	Agosto	Setembro	Outubro
1	0,7948	0,6745	0,5483	0,5571	0,4761	0,5347	0,7332
2	0,6002	0,6667	0,5904	0,5955	0,5841	0,5715	0,5390
3	0,7864	0,6608	0,6409	0,5765	0,5274	0,6164	0,6206
4	0,8671	0,8433	0,8214	0,6107	0,7928	0,8406	0,8704
5	0,8117	0,7029	0,6019	0,6204	0,5930	0,6279	0,7882
6	0,8717	0,7398	0,6559	0,6452	0,5862	0,6601	0,7910
7	0,8685	0,8450	0,8265	0,7252	0,7929	0,8439	0,8748
8	0,8753	0,7553	0,7044	0,7123	0,6767	0,7106	0,8203
9	0,8695	0,8468	0,8327	0,7521	0,8170	0,8477	0,8766
10	0,9003	0,8531	0,8388	0,7465	0,7986	0,8480	0,8821
11	0,9004	0,8545	0,8472	0,7804	0,8237	0,8518	0,8834
12	0,8220	0,7474	0,6977	0,7118	0,6755	0,7067	0,7163
13	0,8682	0,8468	0,8325	0,7452	0,8097	0,8423	0,8739
14	0,8996	0,8529	0,8387	0,7118	0,7984	0,8430	0,8787
15	0,8997	0,8543	0,8420	0,7803	0,8127	0,8444	0,8810
16	0,9492	0,9273	0,8946	0,8723	0,8900	0,8859	0,9124

Tabela 4.32 - Coeficientes de determinação (r^2) para a correlação entre os totais diários de horas de frio observados e estimados pelos diferentes métodos, nos meses de abril a outubro, para a temperatura base de 7 °C.

Método	r^2						
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
1	0,8660	0,8238	0,8257	0,6192	0,7633	0,8363	0,8596
2	0,6212	0,7107	0,6924	0,5342	0,5264	0,3745	0,1250
3	0,2291	0,5748	0,5983	0,6060	0,5453	0,7416	0,3606
4	0,8235	0,8541	0,8088	0,7965	0,7907	0,8357	0,8793
5	0,8678	0,8369	0,8339	0,6396	0,7852	0,8400	0,8610
6	0,9126	0,8449	0,8475	0,7320	0,8188	0,9038	0,8753
7	0,8662	0,8624	0,8405	0,8024	0,8052	0,8446	0,8800
8	0,9136	0,8593	0,8587	0,7393	0,8261	0,9044	0,8756
9	0,8678	0,8652	0,8439	0,8031	0,8120	0,8458	0,8922
10	0,9143	0,8682	0,8549	0,8240	0,8312	0,9039	0,8894
11	0,9147	0,8730	0,8617	0,8243	0,8346	0,9044	0,9014
12	0,6467	0,8030	0,8054	0,7019	0,6675	0,7727	0,3919
13	0,8245	0,8594	0,8204	0,8004	0,7984	0,8361	0,8885
14	0,8551	0,8595	0,8282	0,8204	0,8114	0,8912	0,8880
15	0,8552	0,8671	0,8449	0,8226	0,8159	0,8913	0,8985
16	0,9348	0,8798	0,8857	0,8662	0,8465	0,9359	0,8520

Durante a cotação dos totais diários de horas de frio dos termogramas, observou-se que nos meses menos frios, como abril, maio, setembro e outubro, a condição $T_m < T_B$, em grande parte dos casos, ocorria em dias que apresentavam a marcha diária da temperatura do ar bastante similar a um padrão de variação típico de períodos diuturnos livres de nebulosidade e da entrada de massas de ar com características diferentes, nos quais, os momentos de ocorrência das temperaturas extremas diárias apresentam pequena variabilidade. Nos meses mais frios entretanto, a forma da variação diária da temperatura do ar foi mais diversificada. Essa observação é reforçada pelo número de dados enquadrados nos diferentes casos considerados para o mêtodo analítico, conforme mostra a tabela 4.15 e constitui-se em uma das causas da obtenção de estimativas menos precisas nos meses mais frios.

Os métodos 4 e 7 proporcionaram a obtenção de coeeficientes de determinação (r^2) acima de 0,7900 com excessão para " $HF < 13$ " no mês de julho, em que os coeficientes de determinação obtidos foram iguais a 0,6107 e 0,7252, para os mêtodos 4 e 7, respectivamente. Considerando apenas a temperatura base de $7^{\circ}C$, o método 1 proporcionou a obtenção de coeficientes de determinação acima de 0,8200, exceto nos meses de julho e agosto em que proporcionou r^2 iguais a 0,6192 e 0,7633, mostrando-se estatisticamente inferior aos métodos 4 e 7 apenas no mês de julho para essa temperatura base.

Dessa forma, para diminuir os custos operacio nais de um estudo a nível meso-climático para a região de Santa Maria-RS, as melhores alternativas seriam: o método 4 para estimar " $HF < 7$ " nos meses de maio, julho, setembro e outubro e para estimar " $HF < 13$ " nos meses de abril, maio, junho, agosto, setembro e outubro; o método 7 para estimar " $HF < 7$ " nos meses de junho e agosto e para estimar " $HF < 13$ " no mês de julho; o método 1 para estimar " $HF < 7$ " no mês de abril. Todavia,

para que se utilizasse uma metodologia padrão, a melhor opção seria a utilização da equação de regressão múltipla em que são empregadas as variáveis " T_m " e " RA " (método 7), embora que o método 4 não determinasse erros significativamente maiores no caso de se estimar " $HF < 7$ ", isto porque a variável " T_m " na equação de regressão do método 7, proporcionou coeficientes angulares não significativos pelo teste t, em 5 dos 7 meses analisados, e também porque os métodos 4 e 7 não diferem estatisticamente entre si em qualquer mês, para esta temperatura base.

Os métodos 4 ou 7 podem constituir-se também na opção mais viável para estimar horas de frio em outros locais onde se dispõe apenas de dados de temperatura mínima e de temperatura máxima, desde que os parâmetros das equações sejam ajustados para o local, além de servirem de apoio para estudos a nível mesoclimático mais detalhados, principalmente por exigirem apenas um termômetro de mínima e um termômetro de máxima para a obtenção dos dados de cada local e também por minimizarem os custos operacionais.

Para a estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C , o método analítico (método 16), mostrou-se superior aos demais, apenas não apresentando diferença significativa ao nível de 5% com relação ao métodos de regressão em que se incluiu a variável RA , nos meses de setembro e outubro. Os coeficientes de correlação, obtidos pela correlação entre os totais diários de horas de frio, com temperatura abaixo de 13°C , cotados nos termogramas e os estimados pela utilização das equações analíticas do método, oscilaram entre 0,9340 e 0,9742 nos diferentes meses, conforme as tabelas 4.17 à 4.23. Além da boa correlação, as figuras 3a, 5b, 8a, 10d, 13b, 15a e 17c mostram que a variância apresentada foi pequena, o que demonstra que o método é bastante preciso e deve ser o preferido para estimar horas de frio com temperatura abaixo de 13°C , para períodos diários, em Santa Maria-RS, apesar de que alguns ajustes empíricos nas equações 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7, possam me

lhorar pouco mais essas estimativas.

Considerando a temperatura base igual a 7°C , o método 16 proporcionou a obtenção de coeficientes de correlação entre os valores observados e estimados, de 0,9200 a 0,9674, nos diferentes meses. Entretanto não foi estatisticamente superior a grande parte dos outros métodos, apesar de proporcionar os mais elevados coeficientes de correlação, em seis dos sete meses analisados. Analisando-se as tabelas 4.24 a 4.30, verifica-se que os métodos 10, 11, 14 e 15 foram estatisticamente iguais ao método 16 em todos os meses; os métodos 6, 7, 8, 9 e 13 foram significativamente inferiores em apenas um dos meses, ao passo que os métodos 4 e 5 foram estatisticamente inferiores ao método analítico, em dois dos meses analisados, ao nível de 5% de probabilidade. Nesse caso poderia-se deduzir erroneamente que o método analítico foi menos preciso na estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C , do que para estimar horas de frio com temperatura abaixo de 13°C . Entretanto, verifica-se que para a temperatura base de 7°C os demais métodos, em geral proporcionaram melhores estimativas do que para a temperatura base de 13°C e que o menor número de dados disponíveis para a análise propiciou a obtenção de maiores "intervalos de tolerância", para a comparação dos métodos pelo teste t. Essa constatação, aliada ao fato de que os coeficientes de correlação obtidos quando da utilização da temperatura base de 7°C não se caracterizam como inferiores aos coeficientes de correlação obtidos para a temperatura base de 13°C nos respectivos meses, sugere que o método é igualmente preciso para estimar horas de frio com temperatura abaixo de 7°C ou com temperatura abaixo de 13°C .

A tabela 4.16 mostra os valores médios mensais do total diário de horas de frio observados e estimados através das diferentes equações analíticas. Verifica-se que as equações 3.3 e 3.6 em geral proporcionaram subestimativas, as equações 3.4 e 3.5 proporcionaram superestimativas, enquanto

que as equações 3.8 e 3.9 foram de precisão absoluta. A equação 3.7 não é passível de crítica devido ao pequeníssimo número de dados enquadrados nesse caso. Entretanto pode-se verificar que o erro médio em relação aos valores médios das observações, na grande maioria dos casos foi menor que 10%. Na tabela 4.15 pode-se verificar que aproximadamente 85% e 96% de todos os dados de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C e 7°C , respectivamente, foram estimados pelas equações analíticas 3.3 e 3.4.

Para preservar o caráter analítico do método e em função das boas estimativas obtidas, não efetuou-se os ajustes empíricos das equações analíticas. Dessa forma, em função dos resultados obtidos nesse trabalho e em função dos resultados obtidos por ANGELLOCCI *et alii* (1979), o método analítico pode ser recomendado para estimar totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C , para todos os locais do Estado do Rio Grande do Sul onde os horários de ocorrência das temperaturas mínima e máxima diárias apresentem um comportamento idêntico ao apresentado para Santa Maria-RS. Para os demais locais do Estado ou para qualquer local da Região Sul do Brasil, bastaria um ajuste nas equações 3.3., 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7, em função do horário de ocorrência das temperaturas extremas diárias, para viabilizar a utilização do método. Além disso, conforme ANGELLOCCI *et alii* (1979), a principal vantagem do método é de não exigir a utilização de termogramas na obtenção das equações analíticas.

5. CONCLUSÕES

Em função dos métodos utilizados e dos resultados obtidos para Santa Maria-RS, pode-se concluir que:

- o método analítico foi o melhor para estimar totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 13°C ;
- para estimar totais diários de horas de frio com temperatura abaixo de 7°C , deve-se dar preferência ao método analítico;
- para minimizar os custos operacionais de um estudo do frio invernal a nível meso-climático, deve-se optar pelas equações de regressão dos métodos 4 ou 7, conforme o mês a ser avaliado e a temperatura base escolhida;
- para a temperatura base de 7°C , as estimativas poderão ser efetuadas com as equações obtidas pelo método 1 em substituição aos métodos 4 e 7, desde que se tolere erros significativamente maiores no mês de julho.

6. LITERATURA CITADA

ABBOTT, D.L., 1962. The effect of four controlled winter temperatures on the flowering and fruiting of the apple. J.Hort. Science. London, 37:272-284.

ANGELOCCI, L.R.; M.B.P. de CAMARGO; M.J. PEDRO JUNIOR; A.A. ORTOLANI e E.R. ALFONSI, 1979. Estimativa de total de horas abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias da temperatura do ar. Bragantia. Campinas, 38(4) : 27-36.

ARON, R.H., 1975. A method for estimating the number of hours below a selected temperature threshold. Journal of Applied Meteorology. 14(8):1415-1418.

CHANDLER, W.H.; M.H. KIMBALL; G.L. PHILIP; W.P. THFTS e G.P. WELDON, 1937. Chilling requirements for opening of buds on deciduous orchard trees and some other plants in California. Calif. Agric. Exp. Station Bulletin. Berkeley, 611:1-63.

DAMARIO, E.A., 1969. Carta estimada de horas de frio de la República Argentina. Rev. de la Facultad de Agron. y Veterinaria de Buenos Aires. Buenos Aires, 17(2): 25-38.

- EREZ, A. e S. LAVEE, 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. I. Temperature. Proc. Am. Soc. for Hort. Science. New York, 96:711-714.
- FERREIRA, A.A., 1975. Estudo da viabilidade técnico-econômica da fruticultura de clima temperado no Estado de Minas Gerais. Viçosa, Univ. Fed. de Viçosa, 128 p. (Tese de Mestrado).
- GOMES, F.P., 1973. Curso de Estatística Experimental, 5.^a edição. Livraria Nobel. São Paulo, 430 p.
- HIGDON, R.J., 1950. The effects of insufficient chilling on peach varieties in South Carolina in de winter of 1948-49. Proc. Am. Soc. for Hort. Science. New York, 55:236-238.
- LEDESMA, N.R., 1950. Consecuencias del frio invernal insuficiente en los arboles de follage caduco. Rev. de la Facultad de Agronomia de la Plata. Buenos Aires, 27(2):181-196.
- LITTLE, T.M., 1966. Correlation and Regression. Davis, Univ. of California Agr. Extension Service. 62 p. Experimental Methods for Extension Workers.
- MARKUS, R., 1952. Um estudo estatístico dos invernos de Porto Alegre em relação às exigências de frio das frutíferas de clima temperado. Rev. Agrônômica. Porto Alegre, 16:231-248.
- MASIP, J.M.F.; J.M.H. GONZÁLEZ e M.A. GONZÁLEZ, 1976. Comportamiento de varias variedades de melocotonero bajo condiciones de poco frio invernal. Comunicaciones del Inst. Nac. de Investigaciones Agrárias (série produccion vegetal). Madrid, 13:5-15.
- MOTA, F.S. da, 1957. Os invernos de Pelotas-RS, em relação às exigências das árvores frutíferas de folhas caducas. Bol. Tecnico do Inst. Agron. do Sul. Pelotas, 18:1-38.

- PASCALE, A.J. e C. ASPIZAÚ, 1965. Régimen de horas de frio durante el invierno en Buenos Aires. Rev. de la Facultad de Agr. y Vet. de B.Aires. Buenos Aires, 16(2):62-82.
- PEDRO JUNIOR, M.J.; A.A. ORTOLANI; O. RIGITANO; R.R. ALFONSI; H.S. PINTO e O. BRUNINI, 1979. Estimativa de horas de frio abaixo de 7 e de 13⁰C para regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo. Bragantia. Campinas, 38(13):123-130.
- PETRI, J.L. e M.PASQUAL, 1982. Quebra da dormência em macieira. Boletim Técnico-EMPASC. Florianópolis, 18:1-54.
- SAMISH, R.M., 1954. Dormancy in woody plants. An.Rev. of Plant Physiology. Palo Alto, California, 5:183-201.
- TABUENCA, M.C., 1965. Influencia del clima en plantaciones frutales. Bul. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza, 8:55-63.
- WEINBERGER, J.H., 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proc. Am. Soc. for Hort. Science. New York, 56:122-128.
- WEINBERGER, J.H., 1954. Effects of hig temperatures during the breaking of the rest of sullivan elberta peach buds. Proc. Am. Soc. for Hort. Science. New York, 63:157-162.
- WEINBERGER, J.H., 1956. Prolonged dormancy trouble in peaches in the southeast in relation to winter temperature. Proc. Am. Soc. for Hort. Science. New York, 67:107-112.
- WEINBERGER, J.H., 1967. Some temperature relations in natural breaking of the rest of peach flower buds in the San Joaquin Valley, California. Am. Soc. for Hort Science. New York, 91:84-89.