

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE HORAS DE FRIO
PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA

AUGUSTO CARLOS POLA

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

Outubro - 1987

AVALIAÇÃO DE METODOS DE ESTIMATIVA DE HORAS DE FRIO
PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA

AUGUSTO CARLOS POLA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof.Dr. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

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

Outubro - 1987

P762a Pola, Augusto Carlos
Avaliação de métodos de estimativa de horas
de frio para o Estado de Santa Catarina. Pi-
racicaba, 1987.

57p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Climatologia agrícola - Santa Catarina.
2. Frio - Santa Catarina. I. Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 630.2516
551.6

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE HORAS DE FRIO
PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA

AUGUSTO CARLOS POLA

Aprovado em: 10.11.1987

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci	ESALQ/USP
Prof. Dr. Carlos Ometto	ESALQ/USP
Prof. Dr. Mário José Pedro Junior	IAC
Prof. Dr. Décio Barbin	ESALQ/USP
Prof. Dr. Reinaldo Godoy	ESALQ/USP

Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci
Orientador

A meus pais
Augustinho e Erecina
A meus irmãos
A minha esposa
Carla Roberta
Ao **Júnior**
meu filho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A. (EMPASC) e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela oportunidade de realização do curso.
- Ao Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci, pela orientação, incentivo e amizade.
- Aos professores e funcionários do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pelo apoio e colaboração.
- Ao Hugo José Braga, pelas sugestões, apoio e incentivo.
- Ao Angelo, Pedro, Sonia, Sueli e demais colegas do curso de Agrometeorologia, pelo convívio e amizade.
- À EMPASC e à CAPES, pelo auxílio financeiro.
- A Lucinha, Vera Thomé e Adilson, pelo apoio concedido.
- Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela cessão de dados meteorológicos.
- Aos professores Décio Barbin e Hermano Vaz de Arruda pela colaboração.
- A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

página

LISTA DE FIGURAS.....	.vi.
LISTA DE TABELAS.....	.viii.
RESUMO.....	.xvi..
SUMMARY.....	.xx.
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5. CONCLUSÕES.....	53
6. REFERÊNCIAS.....	55

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 01. Gráficos esquemáticos relativos ao 1º caso, 2º caso e 3º caso do método proposto por ANGELOCCI et alii (1979) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de determinada temperatura base	15
Figura 02. Gráficos esquemáticos relativos ao 4º caso e 5º caso do método proposto por ANGELOCCI et alii (1979) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de determinada temperatura base.	18
Figura 03. Frequências observadas dos horários de ocorrência das temperaturas mínima e máxima, no período de abril a outubro, obtidas de termogramas selecionados em doze anos de observações, para Caçador-SC.....	26
Figura 04. Frequências observadas dos horários de ocorrência das temperaturas mínima e máxima, no período de abril a outubro, obtidas de termogramas selecionados em dez anos de observações, para Videira-SC.....	27

Figura 05. Frequências observadas dos horários de ocorrência das temperaturas mínima e máxima, no período de abril a outubro, obtidas de termogramas selecionados em nove anos de observações, para São Joaquim-SC.....

28

Figura 06. Gráficos representativos do somatório anual das horas de frio dos dados termográficos utilizados nas análises, em correlação com o somatório anual das horas de frio estimadas pelos métodos analítico, senoidal, estatístico nº 2 e estatístico nº 1, com respectivos coeficientes de determinação (R^2) e equações de regressão, para a temperatura base de 7°C , para Caçador-SC

51

Figura 07. Gráficos representativos do somatório anual das horas de frio dos dados termográficos utilizados nas análises, em correlação com o somatório anual das horas de frio estimadas pelos métodos analítico, senoidal, estatístico nº 2 e estatístico nº 1, com respectivos coeficientes de determinação (R^2) e equações de regressão, para a temperatura base de 13°C , para Caçador-SC

52

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 01. Métodos de estimativa do número diário de horas de frio, com respectivas variáveis e denominações empregadas no presente trabalho.....	12
Tabela 02. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C , a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador-SC	30
Tabela 03. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C , a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador-SC.....	31

Tabela 04. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C , a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador-SC..... 32

Tabela 05. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C , a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador-SC..... 33

Tabela 06. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C , a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e

coeficientes de determinação (R^2) e de
variação (CV), em diferentes meses, pa-
ra Videira-SC 34

Tabela 07. Parâmetros das equações de regressão
($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de to-
tais diários de horas de frio abaixo de
 $7^{\circ}C$, a partir das temperaturas máxima e
mínima diárias, com teste "F" aplicado
aos coeficientes linear (B) e quadráti-
co (C), e coeficientes de determinação
(R^2) e de variação (CV), em diferentes
meses, para Videira-SC..... 35

Tabela 08. Parâmetros das equações de regressão
($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de to-
tais diários de horas de frio abaixo de
 $13^{\circ}C$, a partir da temperatura mínima
diária, com teste "F" aplicado aos coe-
ficientes linear (B) e quadrático (C),
e coeficientes de determinação (R^2) e de
variação (CV), em diferentes meses, pa-
ra Videira - SC..... 36

Tabela 09. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C, a partir das temperaturas máxima e mínimas diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Videira-SC 37

Tabela 10. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C, a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para São Joaquim-SC 38

Tabela 11. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático

co (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV) em diferentes meses, para São Joaquim-SC 39

Tabela 12. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de $13^{\circ}C$, a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para São Joaquim-SC 40

Tabela 13. Parâmetros das equações de regressão ($Y = A+BX+CX^2$) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de $13^{\circ}C$, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para São Joaquim - SC..... 41

Tabela 14. Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z (R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 7°C, nos meses de abril a outubro, para São Joaquim - SC..... 42

Tabela 15. Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z (R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 13°C, nos meses de abril a outubro, para São Joaquim - SC..... 43

Tabela 16. Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z (R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 7°C, nos meses de abril a outubro, para Videira - SC..... 45

Tabela 17. Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 13°C, nos meses de abril a outubro, para Videira - SC..... 46

Tabela 18. Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 7°C, nos meses de abril a outubro, para Caçador - SC..... 47

Tabela 19. Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários

de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 13°C, nos meses de abril a outubro, para Caçador - SC.....

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE HORAS DE FRIO
PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA**

Autor: AUGUSTO CARLOS POLA

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci

RESUMO

No presente trabalho, foram avaliados quatro métodos de estimativa do número diário de horas de frio com temperaturas abaixo de 7°C e 13°C, para as localidades de Caçador, Videira e São Joaquim, do Estado de Santa Catarina. Os métodos foram analisados para cada mês do período de abril a outubro.

O primeiro método avaliado, denominado de "estatístico nº 1", constou de equações de regressão ajustadas de forma quadrática através do método dos quadrados mínimos. Como variável dependente foram utilizados valores diários de horas de frio observados de termogramas (HF_{Obs}) e como variável independente dados de temperatura mínima diária (T_m).

O segundo método avaliado, denominado de "estatístico nº 2", é semelhante ao primeiro, diferindo quanto a variável independente utilizada. A variável foi a razão de amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão: $RA = 24 (TB - T_m) \cdot (T_{max} - T_m)^{-1}$, em que TB é a temperatura ba-

se e T_{\max} é a média entre as temperaturas máximas do período de vinte e quatro horas considerado no presente estudo, período este compreendido entre as temperaturas máximas de dias consecutivos.

O método denominado de "analítico", terceiro testado, é composto basicamente de cinco equações que estimam os totais diários de horas de frio a partir de valores diários de temperatura máxima, mínima e das 21:00 horas (hora local). As equações são obtidas de cinco casos padronizados que representam a variação da temperatura do ar no período de vinte e quatro horas considerado.

O quarto método avaliado, proposto pelo autor, refere-se a um modelo que representa a variação diária da temperatura do ar de maneira senoidal, a partir das temperaturas máxima e mínima. À medida que as temperaturas são estimadas, são detectados os horários em que estas, eventualmente, assumem valores iguais à temperatura base. A partir destes horários, as horas de frio foram estimadas para cada período de 24 horas analisado.

Os diferentes métodos foram comparados para cada mês, temperatura base e localidade em estudo. Para tal, utilizou-se a transformação $z(R)$, a qual permitiu comparar, pelo teste "t", diferentes coeficientes de correlação (R) obtidos a partir de números diários estimados (HF_{est}) e observados (HF_{obs}) de horas de frio. Na comparação dos métodos foram também observados os coeficientes linear e angular da equação de regressão linear formada por HF_{obs} e HF_{est} .

O método analítico apresentou, de maneira geral, os valores diários estimados mais próximos aos observados de termogramas, para ambas as temperaturas base. Os métodos senoidal e estatístico nº 2, entretanto, não diferiram estatisticamente do método analítico, pelo teste "t", na maioria dos casos. Portanto, constituem-se em opções para estimativas nas localidades estudadas, para as temperaturas de 7°C e 13°C, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias. Na comparação de totais anuais de horas de frio, para Caçador, os quatro métodos apresentaram valores estimados bastante próximos aos observados; mesmo o método estatístico nº 1 mostrou-se com precisão aceitável para ambas as temperaturas base.

**EVALUATION OF ESTIMATION METHODS OF CHILLING HOURS
FOR THE SANTA CATARINA STATE, BRAZIL**

Author: AUGUSTO CARLOS POLA

Adviser: Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci

SUMMARY

Four methods to estimate daily number of chilling hours were analysed, considering temperatures below 7°C and 13°C for Caçador, Videira and São Joaquim, in the state of Santa Catarina, Brazil. The methods were analysed in the period from april to october.

The first rated method, called "statistical number 1", used regression equations adjusted in a quadratic way through the least square method. As a dependent variable were used daily rates of units of dormancy observed on thermograms (HF_{obs}) and, as an independent variable, rates on minimum temperatures were used (T_m).

The second method, called "statistical number 2" is similar to the first one, differing just on the dependent variable used. The variable was the thermal amplitude ratio (RA) given by the formula : $RA = 24 (T_B - T_M) (T_{max} - T_M)^{-1}$ where T_B is the temperature threshold and T_{max} is the average between the maximum temperatures in a period of 24 hours taken in consideration at the present study.

The method named "analytical" which was the third one to be tested is composed of five equations which estimate total daily rates of units of dormancy from daily

rates of maximum and minimum temperatures and from 9 p. m. (local time). The equations are achieved from five standard cases which represent the variation of air temperature in the considered period of 24 hours.

The fourth method proposed by the author is concerned to a sinusoidal model that represents the daily variation of air temperature from the maximum and minimum temperatures. As soon as the temperatures are rated, the timetables in which these temperatures, eventually reach equal values to the temperature threshold are detected. From these timetables, the units of dormancy were estimated for each period of 24 hours analysed.

The different methods were compared to each month, temperature threshold and place. So, the transformation $z(R)$ was used, which allowed through test t , the comparison among coefficients of correlation (R) achieved from the estimating daily rates (HF_{est}) and observed (HF_{obs}) on units of dormancy. On the comparison of the methods were also observed the linear and angular coefficients of the regression linear equation formed by HF_{obs} and HF_{est} .

Generally speaking, the analytical method showed the daily estimated rates closer to the ones observed on thermograms, for both temperature threshold. The fourth method and the statistical number 2, however, do not differ statistically from the analytical method through test t , in most of the cases. Thus, they are options for estimating rates in the sites already studied for temperatures of 7°C and 13°C, from the daily maximum and minimum temperatures. On comparing total yearly units of dormancy to Caçador the four methods showed rates very close to the observed ones; even the statistical method number 1 was acceptably precise for both temperature threshold.

1. INTRODUÇÃO

As espécies frutíferas de folhas caducas caracterizam-se por apresentar um período de repouso invernal, durante o qual as plantas não apresentam um crescimento vegetativo visível. Esta condição fisiológica, em que vários órgãos permanecem dormentes, é influenciada pelas condições climáticas, uma vez que estas atuam sobre os níveis dos reguladores de crescimento.

A temperatura é um fator reconhecidamente importante neste balanço hormonal que condiciona a fase de dormência. Um novo ciclo vegetativo será iniciado após as plantas sofrerem a ação de baixos níveis energéticos, os quais são requeridos para o término do repouso. Estes níveis diferem segundo as espécies e variedades. Invernos com frio insuficiente para atender as exigências em esfriamento pela planta irão determinar anomalias fenológicas, como a queda de gemas frutíferas, um atraso na brotação e floração, ocorrência de um florescimento irregular e prolongado (PETRI e PASQUAL, 1982; CHANDLER *et alii*, 1937;

SAMISH, 1954 e GURDIAN e BIGGS, 1964), cujo resultado final é a redução dos rendimentos e da longevidade (LEDESMA, 1950).

Define-se "horas de frio" ou "unidades de dormência" como o número de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de determinada temperatura base. Para o cômputo das horas de frio, em geral, utiliza-se a temperatura base de 7°C, por ser de uso universal, ainda que este limite de temperatura para crescimento não seja aplicável a todas as espécies e variedades criófilas. Costuma-se utilizar também o valor de 13°C para caracterizar espécies menos exigentes em baixas temperaturas.

O conhecimento do número de horas de frio normalmente apresentado por uma localidade ou região permite avaliar a possibilidade de cultivo de frutíferas de clima temperado nesta, assim como recomendar para este local variedades de melhor adaptação, segundo sua maior ou menor exigência em frio. As estimativas em base diária, por sua vez, permitem determinações de horas de frio ocorrentes em qualquer época ou período de interesse, o que auxilia estudos agroclimáticos envolvendo a ação do frio sobre as plantas.

O objetivo do trabalho refere-se à avaliação de um método, proposto pelo autor, de estimativa do

número diário de horas de frio a partir de temperaturas máximas e mínimas diárias, dados estes facilmente obtidos em observações meteorológicas em um local. Outros métodos, com base em expressões matemáticas e em análise de regressão, são adaptados e avaliados para as localidades catarienses de Caçador, Videira e São Joaquim. Além disso, pretende-se através de comparação estatística entre os métodos, indicar aquele ou aqueles mais recomendados para as localidades em estudo e para o estado em geral.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Uma maneira de se determinar o número de horas de frio (HF) é através da leitura direta dos gráficos do termógrafo, constituindo-se, porém, num trabalho de morado e cansativo. Outro método direto de determinação consiste na utilização de leituras horárias da temperatura do ar, mas, no Brasil, estações meteorológicas com registros horários são em número reduzido. Assim, diversos pesquisadores procuraram desenvolver métodos, estatísticos ou não, objetivando a estimativa deste índice bioclimático, a partir de observações simples e rotineiras de temperatura do ar. As estimativas, além da superação dos problemas acima citados, possibilitam o aproveitamento de séries de medições de temperatura do ar em estudos estatístico-climatológicos da ocorrência de horas de frio.

MARKUS (1952), estudou os invernos de Porto Alegre - RS, em relação às exigências em frio das frutíferas de clima temperado. Através da técnica dos quadrados mínimos, formulou equações para a estimativa de totais diários e mensais de horas de frio menores que $7,2^{\circ}\text{C}$ (45°F).

Registros horários de temperatura do ar, compreendendo o período de 1920 a 1949, foram utilizados nas análises. Foi observado que a relação entre o número diário de horas de frio e a temperatura mínima diária tendia a ser curvilínea. A curva que melhor representou os valores observados foi uma equação do segundo grau.

Ao correlacionar somas mensais de horas de frio com suas respectivas temperaturas mínimas médias mensais, considerando os meses de junho, julho e agosto, MARKUS (1952) obteve um coeficiente de correlação (R) igual a -0,8208. Uma regressão quadrática foi a que melhor expressou a relação existente entre as duas variáveis. Por outro lado, MOTA (1957) verificou uma relação linear entre o total de horas de frio ($HF < 7^{\circ}C$) e a temperatura média mensal, em Pelotas - RS; o coeficiente de correlação encontrado foi de $R = -0,8640$.

DAMARIO (1969), chama a atenção para o fato de que equações de regressão proporcionam estimativas essencialmente locais. Para a aplicação de uma mesma fórmula a localidades diferentes, estas teriam que apresentar condições climáticas muito similares quanto a intensidade e amplitude térmica mensal e anual. Visando a evitar a especificidade das equações de regressão, o citado autor propôs um método gráfico original para estimativas mensais normais de horas de frio ($HF < 7^{\circ}C$) de localidades argenti

nas. O método utiliza valores normais de temperatura mínima média dos cinco meses mais frios e valores médios normais de temperatura mínima média anual, sendo que produziu resultados suficientemente aceitáveis para uso agroclimático.

ARON (1975), através da técnica dos quadrados mínimos, propôs equações para a estimativa de totais mensais de horas de frio ($HF < 45^{\circ}F$) para o Estado da Califórnia. Utilizou dados climáticos de 12 postos meteorológicos. Considerando meses de 30 dias e usando o método de regressão por "tentativa passo a passo" ("stepwise"), obteve as seguintes equações empíricas:

$$HF = 801 + 0,2523 B + 7,574 B^2 \times 10^{-4} - 6,51 B^4 \times 10^{-10} - 11,44 \bar{T}_m - 3,32 \bar{T}_M \quad (2.1)$$

$$HF = 665,5 + 0,152 B + 6,734 B^2 \times 10^{-4} - 7,64 B^4 \times 10^{-10} + 8,08 \bar{T}_M - 30,22 \bar{G} + 5,2 \bar{V} \quad (2.2)$$

$$HF = 676,2 + 0,2856 B + 7,713 B^2 \times 10^{-4} + 7,63 B^4 \times 10^{-10} - 13,21 \bar{E} + 6,96 \bar{C} \quad (2.3)$$

onde:

HF = Total mensal de horas de frio com temperatura menor que $45^{\circ}F$;

$$B = (45 - \overline{T_m}) \cdot (\overline{T_M} - \overline{T_m})^{-1} \cdot H \cdot D ;$$

$\overline{T_m}$ = Média mensal das temperaturas mínimas ($^{\circ}\text{F}$) ;

$\overline{T_M}$ = Média mensal das temperaturas máximas ;

H = 24 horas ;

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

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

\overline{V} = Média mensal da umidade relativa ;

\overline{E} = Média mensal da leitura de temperatura do termômetro de bulbo seco ($^{\circ}\text{F}$) ;

\overline{C} = Média mensal da cobertura de nuvens, em décimos .

A equação (2.1) apresentou um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,959. A equação (2.2) apresentou um R^2 de 0,978 e a equação (2.3) de 0,976 .

PEDRO JUNIOR *et alii* (1979), efetuaram a estimativa e mapeamento do número anual de horas de frio, abaixo de 7°C e 13°C , para o estado de São Paulo. Foram selecionados e cotados termogramas de doze postos meteorológicos abrangendo uma série de doze anos. Os valores médios anuais de horas de frio de cada local foram correlacionados, pelo método dos quadrados mínimos, com as respectivas médias das temperaturas mínimas mensais, média das

temperaturas mínimas absolutas mensais e temperaturas médias do mês de julho. Esta última variável independente foi a que propiciou os maiores coeficientes de correlação linear, que foram de -0,88 e -0,93, respectivamente, para as temperaturas de 7°C e 13°C. As equações estimativas, obtidas em função da temperatura média do mês de julho, foram utilizadas na elaboração de cartas de isolinhas de horas de frio abaixo de 7°C e 13°C para o estado.

ANGELOCCI *et alii* (1979), desenvolveram equações matemáticas para estimar o total diário de horas de frio, abaixo de 7°C e 13°C, utilizando-se somente dos valores diários de temperatura máxima, mínima e das 21 horas (hora local). Para tal, consideraram uma variação diária da temperatura do ar típica para o estado de São Paulo. A metodologia proposta pelos autores dispensa registros termográficos ou termométricos horários, os quais são exigidos pelos métodos estatísticos, como os vistos anteriormente.

Comparando valores diários estimados ($HF < 7^{\circ}C$ e $HF < 13^{\circ}C$) com valores diários observados de termogramas, obtiveram coeficientes de correlação (R) da ordem de 0,91 a 0,97 para cinco localidades do estado de São Paulo. A precisão da estimativa tendia a aumentar para períodos maiores, sendo que para períodos mensais, encontraram coeficientes de correlação iguais a 0,99.

GUIDONI *et alii* (1982), compararam modelos de regressão linear, quadrática e exponencial para estimar o número de horas de frio mensal, inferior a 7°C , para o estado do Espírito Santo. As equações propostas são funções de valores normais de temperaturas médias mensais ou médias das mínimas. A regressão quadrática aplicada à variável temperatura média das mínimas mensal, forneceu estimativas mais precisas, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,89.

HELDWEIN (1983) analisou, para Santa Maria, RS, 15 equações obtidas através da técnica dos quadrados mínimos, além do método analítico proposto por ANGELOCCI *et alii* (1979), visando ao cálculo diário das horas de frio ($\text{HF} < 7^{\circ}\text{C}$ e $\text{HF} < 13^{\circ}\text{C}$). Utilizou dados diários de temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura do ar às 9 e 21 horas na formulação de equações de regressão linear simples e múltipla. Conclui que deve-se dar preferência, nas condições de Santa Maria, ao método analítico na estimativa dos totais diários de horas de frio. Com relação às equações de regressão, a variável independente temperatura mínima e a variável denominada "relação das amplitudes térmicas" (RA), foram as que apresentaram as melhores correlações com os dados provenientes de termogramas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se no presente trabalho os termogramas e dados de registro diário de temperatura máxima (T_M), temperatura mínima (T_m) e temperatura do ar às 21 horas, hora local (T_{21}), das localidades de Caçador (latitude = $26^{\circ}46' S$; longitude = $51^{\circ}01' W$; altitude = 960 m), Videira (lat. = $27^{\circ}00' S$; long. = $51^{\circ}09' W$; alt. = 775 m) e São Joaquim (lat. = $28^{\circ}17' S$; long. = $49^{\circ}55' W$; alt. = 1.408 m). O estudo, compreendendo os meses de abril a outubro, abrangeu observações meteorológicas referentes a doze, dez e nove anos, para cada local, respectivamente. Os termogramas e mapas de observações meteorológicas mensais foram provenientes das estações meteorológicas pertencentes à Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A., EMPASC (Caçador e Videira) e Instituto Nacional de Meteorologia - INEMET (São Joaquim). Os cálculos foram efetuados em um microcomputador CCE MC-1.000.

O número diário observado de horas de frio (HF_{obs}), tomado como referência para a análise dos valores estimados, foi obtido através da cotação de registros ter-

mográficos. Dias com temperatura base (TB) igual ou inferior a temperatura mínima foram excluídos das análises. Também foram excluídos os dias que apresentassem uma diferença maior que 1°C entre o valor de temperatura obtido de termômetros e o respectivo valor registrado nos termogramas (T_M , T_m ou T_{21}). O limite de 1°C corresponde a um critério arbitrário adotado.

Considerou-se o intervalo de um dia compreendido entre as temperaturas máximas de dias consecutivos, conforme proposto por ANGELOCCI *et alii* (1979). De acordo com estudos efetuados referentes ao horário de ocorrência das temperaturas extremas diárias, descritos no capítulo "Resultados e Discussão", adotou-se para todos os locais, a ocorrência das temperaturas máxima e mínima às 15 horas e 7 horas, respectivamente. Para o levantamento das frequências observadas destes horários foram utilizados somente termogramas que apresentassem registros de correção do tempo.

Foram avaliados, para cada local, quatro métodos de estimativa de totais diários de horas de frio. Os métodos foram analisados para cada mês (abril a outubro) e temperatura base (7°C e 13°C).

A tabela 1 discrimina as variáveis necessárias, a cada método, para a estimativa diária das horas de frio. Apresenta, também, as respectivas denominações em-

pregadas no presente estudo. Os métodos estatísticos nº 1 e nº 2 foram desenvolvidos com base no trabalho de HELDWEIN (1983), que testou as temperaturas máxima e mínima como variáveis para estimativas diárias de horas de frio, com bons resultados, para Santa Maria - RS. O método analítico (nº 3) foi proposto e recomendado por ANGELOCCI *et alii* (1979) para o estado de São Paulo, sendo que apresentou-se como o melhor método, dentre os testados por HELDWEIN (1983), para Santa Maria. O método nº 4 foi proposto pelo autor com a finalidade de fornecer uma opção não estatística, para estimativas diárias, a partir somente de dados de temperaturas máxima e mínima.

TABELA 1 - Métodos de estimativa do número diário de horas de frio, com respectivas variáveis e denominações empregadas no presente trabalho.

Método nº	Variáveis utilizadas ¹	Denominação
1	T_m	Estatístico nº 1
2	T_m, TM_1, TM_2	Estatístico nº 2
3	T_m, TM_1, TM_2, T_{21}	Analítico
4	T_m, TM_1, TM_2	Senoidal

¹ T_m = Temperatura mínima do dia (n) ;

TM_1 = Temperatura máxima do dia "n - 1" ;

TM_2 = Temperatura máxima do dia "n" ;

T_{21} = Temperatura das 21 horas do dia "n - 1" .

O primeiro método avaliado (estatístico nº 1) constou de equações de regressão, obtidas através da técnica dos quadrados mínimos, adaptadas para cada mês, temperatura base e localidade em estudo. As equações foram ajustadas, de forma quadrática, considerando-se a variável independente temperatura mínima diária (T_m) e a variável dependente HF_{obs} .

O segundo método testado (estatístico nº 2) é similar ao primeiro, diferindo quanto a variável independente utilizada. Com base no trabalho de HELDWEIN (1983), apresenta como variável independente a relação de amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão:

$$RA = 24 (TB - T_m) / (T_{max} - T_m) \quad (3.1)$$

em que:

TB = Temperatura base ;

T_m = Temperatura mínima do dia (n) ;

$T_{max} = (TM_1 + TM_2) / 2$;

TM_1 = Temperatura máxima do dia "n - 1" ;

TM_2 = Temperatura máxima do dia "n" .

Ambos os métodos estatísticos utilizaram formas quadráticas em razão de observações preliminares indicarem uma relação curvilínea entre as variáveis dependentes e independentes.

Um teste "F" foi aplicado testando-se a

hipótese de que o coeficiente quadrático da equação de regressão é igual a zero, para um certo nível de significância estatística, segundo NETER e WASSERMAN (1974), através da expressão:

$$F = \frac{SQR(X) - SQR(X, X^2)}{QMR(X, X^2)} \quad (3.2)$$

onde tem-se:

$SQR(X)$ = soma de quadrados residual, considerando se somente o modelo linear ;

$SQR(X, X^2)$ = soma de quadrados residual, considerando se o modelo quadrático ;

$QMR(X, X^2)$ = quadrado médio residual, admitindo-se o modelo quadrático.

O teste "F" aplicado da maneira descrita, é similar ao teste "t".

O terceiro método avaliado corresponde ao proposto por ANGELOCCI *et alii* (1979). As equações do modelo foram ajustadas para as condições climáticas catarienses, em relação ao horário de ocorrência das temperaturas máxima e mínima. Para tal, considerou-se a frequência observada do horário de ocorrência das temperaturas extremas diárias nos três locais. Como pode ser vista através da figura 1, a variação diária da temperatura do ar é representa-

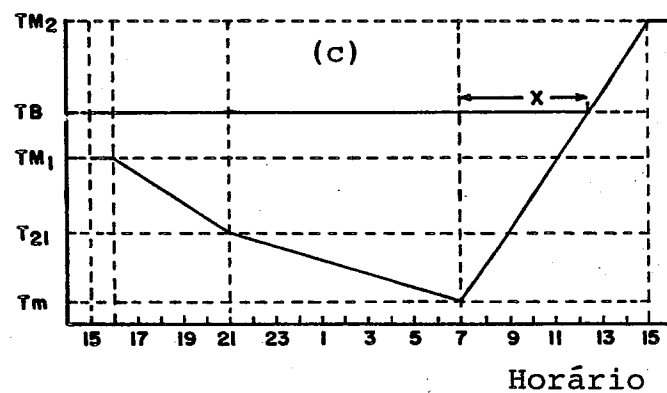
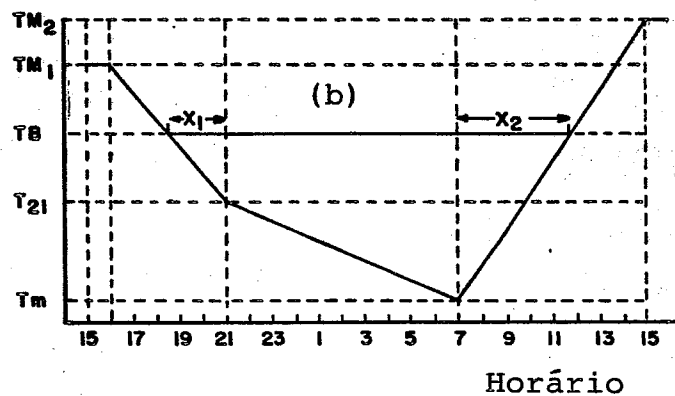
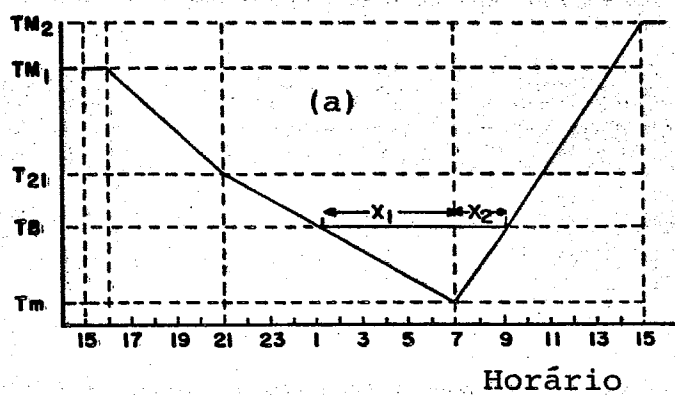


FIGURA 1 - Gráficos esquemáticos relativos ao 1º caso (a), 2º caso (b) e 3º caso (c) do método proposto por ANGELOCCI et alii (1979) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de determinada temperatura base.

da por segmentos de reta. Assim, representando a temperatura mínima do dia "n" por T_m , a temperatura das 21 horas do dia "n - 1" por T_{21} , a temperatura máxima do dia "n - 1" por TM_1 e a temperatura máxima do dia "n" por TM_2 , o total diário de horas de frio (HF), abaixo de certa temperatura base (TB), pode ser estimado considerando-se os seguintes casos:

1º caso (figura 1a): por semelhança de triângulos, tem-se que

$$X_1 = 10 (TB - T_m) / (T_{21} - T_m), \quad (3.3)$$

e que

$$X_2 = 8 (TB - T_m) / (TM_2 - T_m). \quad (3.4)$$

Como $HF = X_1 + X_2$, obtém-se:

$$HF = \frac{10 (TB - T_m)}{(T_{21} - T_m)} + \frac{8 (TB - T_m)}{(TM_2 - T_m)} \quad (3.5)$$

Portanto, a equação (3.5) aplica-se aos dias em que $TB > T_m$, $TB \leq T_{21}$, $TB < TM_1$ e $TB < TM_2$. Os outros casos que podem ocorrer são:

2º caso (figura 1b): para $TB > T_m$, $TB \geq T_{21}$, $T_B < TM_1$, e $TB < TM_2$, em que $HF = X_1 + X_2 + 10$, ou seja,

$$HF = \frac{5 (TB - T_{21})}{(TM_1 - T_{21})} + \frac{8 (TB - T_m)}{(TM_2 - T_m)} + 10 ; \quad (3.6)$$

3º caso (figura 1c): para $TB > T_m$, $TB \geq TM_1$ e $TB < TM_2$,
em que $HF = X + 16$, ou seja,

$$HF = \frac{8 (TB - T_m)}{(TM_2 - T_m)} + 16 ; \quad (3.7)$$

4º caso (figura 2a): para $TB > T_m$, $TB \geq TM_2$, $TB \geq T_{21}$
e $TB < TM_1$, em que $HF = X + 18$, ou
seja:

$$HF = \frac{5 (TB - T_{21})}{(TM_1 - T_{21})} + 18 ; \quad (3.8)$$

5º caso (figura 2b): para $TB > T_m$, $TB < T_{21}$, $TB < TM_1$,
 $TB \geq TM_2$, em que $HF = X + 8$, ou se-
ja,

$$HF = \frac{10 (TB - T_m)}{(T_{21} - T_m)} + 8 ; \quad (3.9)$$

6º caso: para $TB \geq TM_1$ e $TB \geq TM_2$, em que $HF = 24$ ho-
ras ;

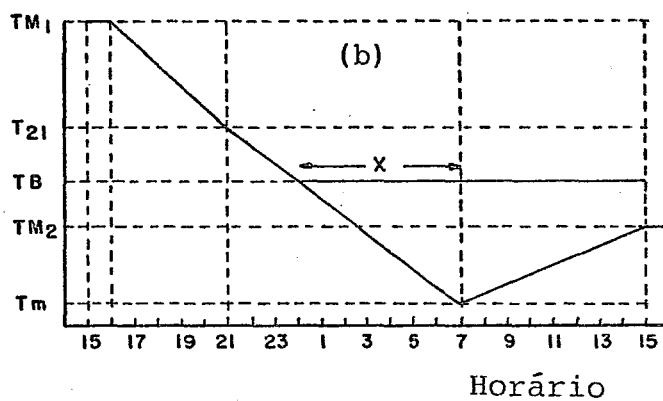
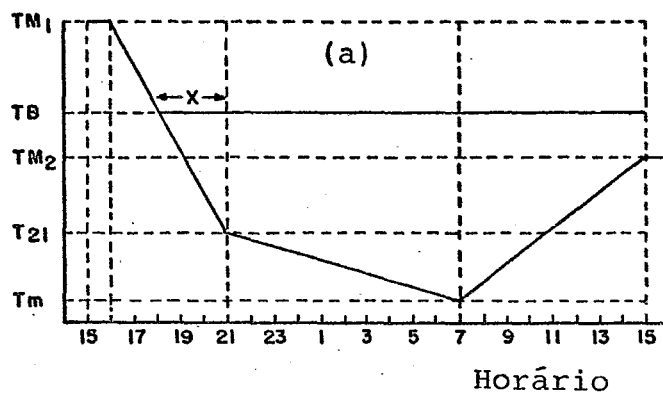


FIGURA 2 - Gráficos esquemáticos relativos ao 4º caso (a) e 5º caso (b) do método proposto por ANGELOCCI et alii (1979) para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de determinada temperatura base.

7º caso: para $T_B \leq T_m$, em que $HF = 0$.

O quarto método testado, proposto pelo autor, refere-se a um modelo que, a partir de dados de temperaturas extremas diárias, procura representar a variação diária da temperatura do ar de maneira senoidal. O modelo consta basicamente de duas equações que estimam a temperatura do ar. À medida que as temperaturas são estimadas, são detectados os momentos em que, eventualmente, estes valores tornam-se superiores ou inferiores à temperatura base. A partir da determinação destes horários, o número diário de horas de frio é estimado.

O intervalo entre a temperatura máxima de um dia "n - 1" (TM_1) e a temperatura mínima de seu dia subsequente "n" (T_m) é representado através de uma função seno de 1/4 de período, de acordo com a seguinte equação:

$$T(t) = TM_1 + (T_m - TM_1) \cdot \text{sen} \left(\frac{\pi}{2} \frac{(t - tM_1)}{(t_m - tM_1)} \right) \quad (3.10)$$

onde:

$T(t)$ = Temperatura estimada no horário t ;

t_m = Horário de ocorrência da temperatura mínima ;

tM_1 = Horário de ocorrência da temperatura máxima ;

$tM_1 \leq t \leq t_m$.

Da mesma forma, uma função seno de 1/4 de período é utilizada para representar o intervalo entre a temperatura mínima (T_m) e a temperatura máxima (TM_2) do dia, segundo a expressão:

$$T(t) = T_m + (TM_2 - T_m) \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2} \frac{(t - t_m)}{(tM_2 - t_m)}\right) \quad (3.11)$$

em que:

tM_2 = horário de ocorrência da temperatura máxima ;

$$t_m \leq t \leq tM_2 .$$

Adotou-se o valor de " t_m " como 7 horas. O horário de ocorrência da temperatura máxima (tM_1 e tM_2) foi fixado às 15 horas. Portanto, têm-se que $(t_m - tM_1)$ é igual a 16 horas de intervalo na equação (3.10) e que $(tM_2 - t_m)$ é igual a 8 horas na equação (3.11).

O modelo foi utilizado da maneira a seguir descrita. Visando a estimativa diária de horas de frio (HF) abaixo de determinada temperatura base (TB), cinco casos foram considerados:

1. $TM_1 \geq TB$; $TM_2 \geq TB$; $T_m \geq TB$ (HF = 0)
2. $TM_1 < TB$; $TM_2 < TB$ (HF = 24 horas)
3. $TM_1 > TB$; $TM_2 > TB$; $T_m < TB$
4. $TM_1 \leq TB$; $TM_2 > TB$; $T_m < TB$
5. $TM_1 > TB$; $TM_2 \leq TB$.

As temperaturas foram estimadas de hora em hora, através das equações (3.10) e (3.11), com t assumindo valores inteiros. O instante, simbolizado por " t_a ", em que a temperatura, em decréscimo, iguala-se a temperatura base (casos 3 e 5), foi determinado por semelhança de triângulos. Para tal, considerou-se os dois valores de temperatura estimados antes (T_x) e após (T_y) ao horário " t_a ", o horário de ocorrência destas temperaturas (t_x e t_y , respectivamente) e a temperatura base (T_B), da seguinte forma:

$$t_a = t_x + \frac{(T_x - T_B) \cdot (t_y - t_x)}{(T_x - T_y)} \quad (3.12)$$

onde:

$$(t_y - t_x) = 1 \text{ hora.}$$

Analogamente foi determinado o horário " t_b " em que a temperatura, em elevação, iguala-se à temperatura base (casos 3 e 4). Assim, a partir dos horários " t_a " e " t_b ", o número diário de horas de frio (HF) pode ser facilmente estimado para cada caso, a saber:

- caso 1: HF = 0 ;
- caso 2: HF = 24 horas ;
- caso 3: HF = $t_b - t_a$;
- caso 4: HF = $t_b - t_{M_1}$;
- caso 5: HF = $t_{M_2} - t_a$.

Em síntese, o método senoidal fornece os horários " t_a " e " t_b " através da utilização das equações (3.10) e (3.11). As temperaturas foram estimadas a intervalos de uma hora por motivos operacionais.

Para a comparação dos diferentes métodos de estimativa, foram considerados os valores diários estimados (FH_{EST}) correspondentes a cada método. Estes valores foram correlacionados, para cada mês, temperatura base e local, com os respectivos totais diários cotados de termogramas (HF_{Obs}). Da mesma forma, efetuou-se uma regressão linear entre estes valores, tendo-se como variável independente os dados de HF_{Obs} . A partir dos coeficientes de correlação (R) obtidos, calculou-se a transformação $z(R)$, segundo GOMES (1985), de acordo com a expressão:

$$z(R) = 0,5 \ln \left(\frac{1 + R}{1 - R} \right) \quad (3.13)$$

onde:

\ln = logaritmo neperiano;

R = Coeficiente de correlação entre valores diários de horas de frio estimados (FH_{est}) e observados (HF_{obs}).

As transformações, assim calculadas, segundo o citado autor, permitem que se compare dois coeficientes de correlação. Neste sentido, um teste "t" foi aplicado à diferença entre dois valores $z(R)$, referentes a dois coeficientes de correlação quaisquer (R_1 e R_2) em comparação, através da equação:

$$t = \frac{z(R_1) - z(R_2)}{\sqrt{2 / (N - 3)}} \quad (3.14)$$

em que:

$z(R_1)$ e $z(R_2)$ = valores da transformação $z(R)$ de dois métodos diferentes, relativos a cada mês, temperatura base e local em análise;

N = número de pares de dados correlacionados em cada mês.

Para um nível de significância de 5% e infinitos graus de liberdade, tem-se um valor limite de "t" igual a 1,96. Assim, a equação (3.14) foi modificada para facilitar a comparação dos 4 métodos, de acordo com HELDWEIN (1983), resultando a seguinte expressão:

$$|z(R_1) - z(R_2)| = 1,96 \cdot \sqrt{2 / (N - 3)} \quad (3.15)$$

Em que $|z(R_1) - z(R_2)|$ é a diferença máxima absoluta entre os valores de $z(R)$ dos métodos que não diferem estatisticamente entre si, pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação diária da temperatura do ar, para o estado de Santa Catarina, apresenta normalmente formas ondulatórias, com a temperatura mínima ocorrendo próximo ao horário do nascer do sol, e a máxima entre 14 e 16 horas. Nos dias em que ocorrem estas oscilações regulares, observou-se que a temperatura descreve curvas aproximadamente senoidais, como representadas pelas equações (3.10) e (3.11), principalmente nos dias com uma amplitude térmica relativamente elevada.

As figuras 3, 4 e 5 referem-se aos levantamentos realizados para a determinação dos horários normais de ocorrência das temperaturas extremas diárias nas três localidades em estudo. Quanto a temperatura mínima, observou-se que o horário das 7 horas é o que apresenta as maiores frequências nos três locais. O mesmo ocorre em relação ao horário das 15 horas para a temperatura máxima, sendo que às 16 horas constata-se uma segunda maior frequência de observações. Estes valores horários foram também utilizados por HELDWEIN (1983), no ajuste das equações

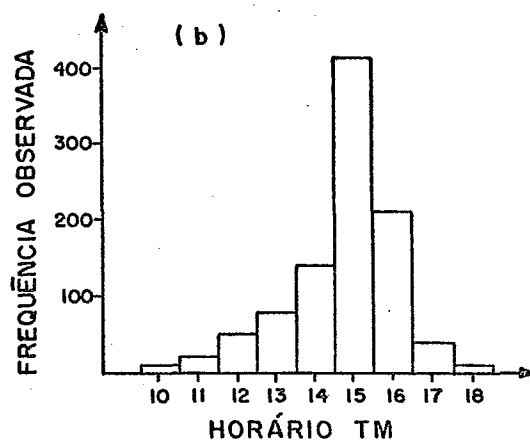
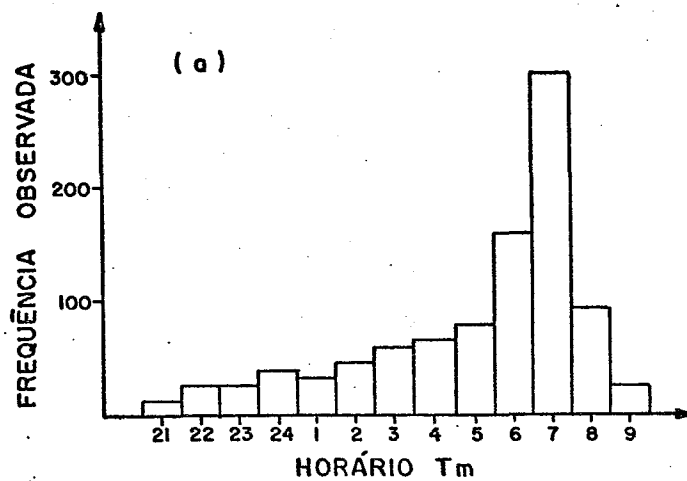


FIGURA 3 - Frequências observadas dos horários de ocorrência das temperaturas mínima (horário Tm - figura (a)) e máxima (horário TM - figura (b)), no período de abril a outubro, obtidas de termogramas selecionados em doze anos de observações termográficas, para Caçador-SC.

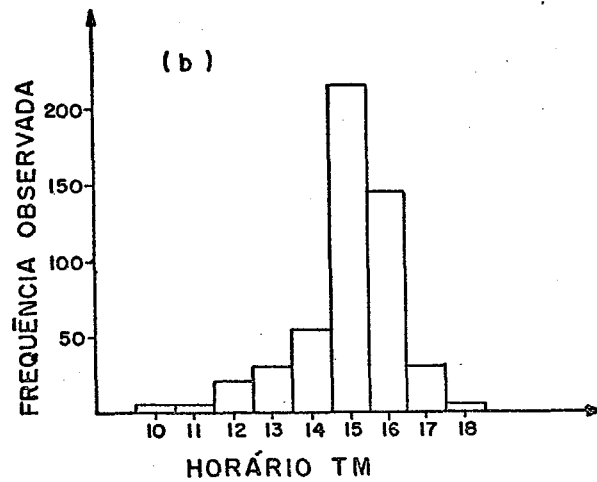
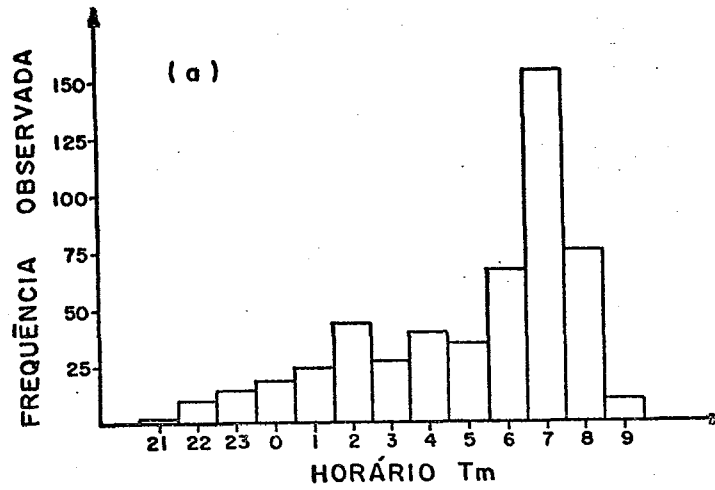


FIGURA 4 - Frequências observadas dos horários de ocorrência das temperaturas mínima (horário Tm - Figura (a)) e máxima (horário TM - Figura (b)), no período de abril a outubro, obtidas de termogramas selecionados em dez anos de observações termográficas, para Videira - SC.

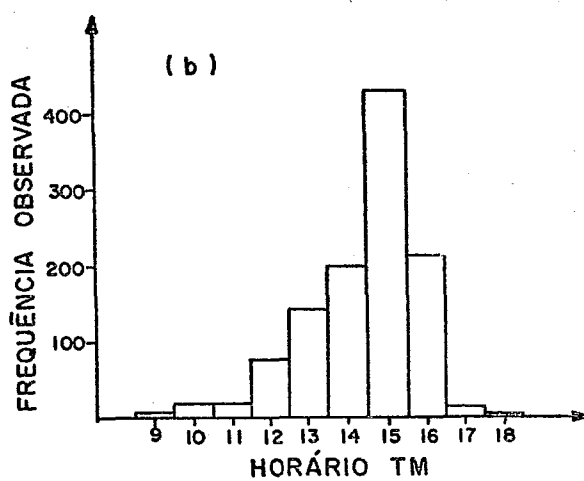
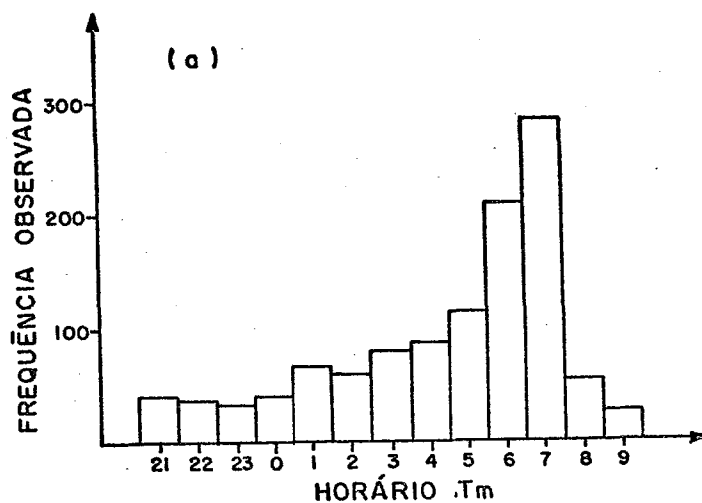


FIGURA 5 - Frequências observadas dos horários de ocorrência das temperaturas mínima (horário Tm - Figura (a)) e máxima (horário TM - Figura (b)), no período de abril a outubro, obtidas de termogramas selecionados em nove anos de observações termográficas, para São Joaquim - SC.

relativas ao método analítico, para Santa Maria - RS. No levantamento efetuado para a elaboração dos histogramas (figuras 3, 4 e 5), foram utilizados somente termogramas com anotações que permitissem a correção dos horários ali registrados.

As tabelas de números 2 a 13 fornecem os coeficientes das equações de estimativa diária de horas de frio, correspondentes aos métodos estatísticos 1 e 2, para cada mês, temperatura base e localidade em análise. Apresentam, também, os coeficientes de variação (CV), de determinação (R^2) e teste "F" dos parâmetros linear e quadrático das equações. Observa-se que, independentemente da temperatura base, local ou variável independente em consideração, as equações mostraram-se significativamente quadráticas, pelo teste "F", pois o valor do coeficiente C difere estatisticamente de zero, com poucas exceções.

A comparação dos diferentes métodos de estimativa em relação aos valores observados, efetuada para a localidade de São Joaquim, considerando-se a temperatura base de 7°C , é apresentada na tabela 14, para cada mês em estudo. Pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, os métodos 2 (estatístico nº 2), 3 (analítico) e 4 (senoidal) não diferiram estatisticamente entre si, com exceção para o mês de maio, no qual o método analítico se sobressaiu. Os métodos 2, 3 e 4 também mostram-se equivalentes, nos diferentes meses, pelo teste "t", para a temperatura base de 13°C (tabela 15), com exceção do mês de julho, no qual

TABELA 2 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C, a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R²) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador, SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R ² (%)	CV (%)
	A	B	C	B	C		
Abr	10,5694	-0,4977	-0,1391	189,0**	6,71*	95,51	27,75
Mai	12,1633	-0,9908	-0,0959	418,5**	11,72**	97,40	18,80
Jun	14,3508	-0,9596	-0,1304	165,7**	26,75**	93,93	27,87
Jul	13,7386	-1,2592	-0,0736	283,5**	10,55**	94,12	28,68
Ago	12,3567	-0,8645	-0,1018	216,4**	11,24**	95,51	24,26
Set	11,7716	-0,8021	-0,0918	166,6**	12,67**	95,86	23,39
Out	10,8486	-0,5982	-0,1171	535,2**	17,60**	99,61	8,31

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 1, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 7°C e X é a temperatura mínima diária.

TABELA 3 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C) e coeficientes de determinação (R²) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R ² (%)	CV (%)
	A	B	C	B	C		
Abr	0,2805	1,5790	-0,0472	182,5**	0,70	94,00	32,08
Mai	-0,1529	1,5288	-0,0297	550,7**	6,26*	97,94	16,74
Jun	0,9664	1,4837	-0,0299	444,8**	23,57**	96,93	19,81
Jul	1,2514	1,3095	-0,0186	616,9**	24,03**	96,92	20,74
Ago	0,1507	1,7075	-0,0493	427,5**	19,07**	97,43	18,35
Set	0,5149	1,6195	-0,0497	282,7**	17,11**	97,29	18,91
Out	0,5459	1,9188	-0,0836	337,4**	14,40**	99,39	10,37

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 2, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 7°C e X é a razão de amplitudes térmicas (RA), sendo que $RA = 24 (TB - T_m) / (T_{max} - T_m)$, onde TB é a temperatura base, T_m é a temperatura mínima diária e T_{max} é a média entre as temperaturas máximas do período de 24 horas considerado.

TABELA 4 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C, a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F			
	A	B	C	B	C	$R^2(\%)$	CV(%)
Abr	15,0416	0,2684	-0,0919	177,7**	19,59**	95,54	23,46
Mai	17,4667	-0,1049	-0,0718	209,1**	21,10**	93,91	27,18
Jun	19,5821	-0,4610	-0,0327	163,8**	7,85**	94,11	25,98
Jul	19,6905	-0,6290	-0,0279	228,4**	5,59**	94,33	25,73
Ago	18,2791	0,0673	-0,0876	139,3**	28,23**	92,42	30,30
Set	18,1256	-0,0914	-0,0721	96,0**	15,12**	89,49	36,34
Out	15,3687	-0,2040	-0,0455	49,8**	3,66	92,91	29,67

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹Equação correspondente ao método estatístico número 1, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária, de horas de frio inferior a 13°C e X é a temperatura mínima diária.

TABELA 5 - Parâmetros das equações de regressão $(Y = A + BX + CX^2)^1$ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C , a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Caçador - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R^2 (%)	CV(%)
	A	B	C	B	C		
Abr	0,6556	1,4422	-0,0314	412,5**	8,99**	97,55	17,40
Mai	2,3445	1,0536	-0,0118	630,2**	7,12**	97,08	18,81
Jun	4,0222	1,0132	-0,0120	739,9**	108,98**	97,96	15,30
Jul	2,9022	1,1124	-0,0140	760,3**	66,71**	97,66	16,35
Ago	2,6111	1,1338	-0,0149	1148,5**	86,59**	98,25	14,58
Set	1,9791	1,2261	-0,0174	725,7**	64,07**	97,14	18,94
Out	2,7912	1,2007	-0,0268	137,2**	5,31*	96,19	21,76

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 2, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 13°C e X é a razão de amplitudestérmicas (RA), sendo que $RA = 24 (TB - T_m) / (T_{max} - T_m)$, onde TB é a temperatura base, T_m é a temperatura mínima diária e T_{max} é a média entre as temperaturas máximas do período de 24 horas considerado.

TABELA 6 - Parâmetros das equações de regressão, $(Y = A + BX + CX^2)^1$ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C , a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Viçosa - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F			
	A	B	C	B	C	R^2 (%)	CV(%)
Abr	11,5770	-0,7143	-0,0800	103,9**	3,86	96,83	19,76
Mai	12,9025	-0,7404	-0,1205	138,7**	15,40**	94,26	27,54
Jun	13,7229	-1,0548	-0,0965	381,2**	47,23**	97,53	17,24
Jul	13,0555	0,1719	-0,2718	69,4**	13,19**	89,19	37,99
Ago	11,8813	-0,9533	-0,0783	224,8**	7,16**	94,79	26,64
Set	11,5173	-0,8468	-0,0760	115,8**	4,36*	96,03	22,80
Out	11,8970	-0,9493	-0,0999	75,5**	1,35	96,07	26,33

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 1, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 7°C e X é a temperatura mínima diária.

TABELA 7 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Videira - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R^2 (%)	CV (%)
	A	B	C	B	C		
Abr	2,4932	1,4382	-0,0426	93,6**	0,79	96,51	20,75
Mai	2,2818	1,3849	-0,0234	270,8**	16,06**	96,46	21,63
Jun	1,8150	1,5423	-0,0350	750,6**	24,13**	98,52	13,35
Jul	0,8720	1,6907	-0,0365	467,1**	21,19**	96,92	20,27
Ago	1,3573	1,3833	-0,0272	447,1**	5,14*	97,00	20,21
Set	1,1085	1,4867	-0,0381	198,6**	7,01*	97,43	18,34
Out	-0,1225	1,9295	-0,0598	100,2**	1,36	96,92	23,29

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 2, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 7°C e X é a razão de amplitudes térmicas (RA), sendo que $RA = 24(TB - T_m) / (T_{max} - T_m)$, onde TB é a temperatura base, T_m é a temperatura mínima diária e T_{max} é a média entre as temperaturas máximas do período de 24 horas considerado.

TABELA 8 - Parâmetros das equações de regressão $(Y = A + BX + CX^2)^1$ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C , a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para Videira - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F			
	A	B	C	B	C	R^2 (%)	CV(%)
Abr	14,7948	0,2364	-0,0926	413,4**	50,48**	97,55	17,40
Mai	17,2458	-0,1372	-0,0774	330,3**	50,21**	97,16	18,46
Jun	18,5409	0,5015	-0,0272	151,1**	8,12**	97,01	18,16
Jul	17,7148	0,1279	-0,0869	78,1**	14,96**	94,95	23,89
Ago	17,0492	-0,4381	-0,0409	202,6**	9,86**	96,33	20,60
Set	17,4532	-0,3075	-0,0645	124,9**	10,68**	94,35	26,82
Out	14,5354	-0,1220	-0,0607	110,0**	5,22*	95,86	23,09

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 1, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 13°C e X é a temperatura mínima diária.

TABELA 9 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R²) e de variação (CV), em diferentes meses, para Videira - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R ² (%)	CV(%)
	A	B	C	B	C		
Abr	1,3055	1,4985	-0,0363	629,2**	23,79**	98,17	14,99
Mai	1,8777	1,2414	-0,0168	759,5**	132,45**	98,62	12,83
Jun	3,8211	1,0868	-0,0146	730,6**	32,77**	99,05	10,26
Jul	4,5599	0,9310	-0,0106	241,7**	51,41**	97,45	17,00
Ago	3,3484	1,0410	-0,0134	476,8**	29,91**	98,09	14,84
Set	1,6148	1,2197	-0,0169	427,4**	6,30*	97,74	16,96
Out	1,2958	1,2878	-0,0263	192,7**	3,33	97,28	18,81

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 2, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 13°C e X é a razão de amplitudes térmicas (RA), sendo que $RA = 24(TB - T_m) / (T_{max} - T_m)$, onde TB é a temperatura base, T_m é a temperatura mínima diária e T_{max} é a média entre as temperaturas máximas do período de 24 horas considerado.

TABELA 10 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C, a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para São Joaquim - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		$R^2(\%)$	CV(%)
	A	B	C	B	C		
Abr	15,2270	-0,8514	-0,1717	71,5**	3,24	92,18	34,82
Mai	16,9112	-1,1889	-0,1093	186,7**	8,66**	97,17	18,82
Jun	18,9987	-0,7498	-0,2377	119,1**	24,92**	96,43	21,37
Jul	18,6618	-0,1878	-0,1751	128,6**	20,52**	95,20	26,03
Ago	17,1395	-1,2220	-0,0881	107,1**	4,92*	94,50	26,08
Set	16,1107	-1,0955	-0,1209	98,8**	3,99	94,23	27,49
Out	13,9486	0,0196	-0,0272	73,8**	4,54*	93,29	31,56

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 1, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 7°C e X é a temperatura mínima diária.

TABELA 11 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 7°C, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para São Joaquim - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R^2 (%)	CV (%)
	A	B	C	B	C		
Abr	0,9060	1,2117	0,0066	89,7**	0,04	93,18	32,53
Mai	2,6921	1,1727	-0,0149	249,7**	69,23**	98,13	15,31
Jun	2,9767	1,1477	-0,0144	198,7**	72,12**	97,88	16,46
Jul	1,1260	1,3955	-0,0219	328,7**	24,70**	97,71	18,00
Ago	3,2466	1,1682	-0,0164	287,6**	23,42**	97,43	17,84
Set	2,0291	1,3565	-0,0244	138,8**	3,15	95,43	24,46
Out	-0,3499	2,2277	-0,0851	111,3**	5,83*	95,09	27,01

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹Equação correspondente ao método estatístico número 2, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 7°C e X é a razão de amplitudes térmicas (RA), sendo que $RA = 24(TB - T_m) / (T_{max} - T_m)$, onde TB é a temperatura base, T_m é a temperatura mínima diária e T_{max} é a média entre as temperaturas máximas do período de 24 horas considerado.

TABELA 12 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C, a partir da temperatura mínima diária, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para São Joaquim - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R^2 (%)	CV (%)
	A	B	C	B	C		
Abr	18,5116	0,7584	0,1389	149,7**	17,86**	95,60	22,46
Mai	23,4689	-0,0479	-0,1111	382,4**	75,34**	97,28	17,99
Jun	23,9293	-0,0016	-0,1001	191,8**	37,11**	97,19	17,92
Jul	25,1376	-0,0757	-0,1208	271,5**	86,21**	96,99	19,12
Ago	23,1594	-0,2064	-0,0846	184,8**	29,70**	96,76	19,16
Set	21,8633	-0,3564	-0,0498	88,4**	5,15*	96,10	20,90
Out	18,9719	0,4174	-0,1237	113,6**	13,87**	94,71	24,92

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 1, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 13°C e X é a temperatura mínima diária.

TABELA 13 - Parâmetros das equações de regressão ($Y = A + BX + CX^2$)¹ para a estimativa de totais diários de horas de frio abaixo de 13°C, a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, com teste "F" aplicado aos coeficientes linear (B) e quadrático (C), e coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), em diferentes meses, para São Joaquim - SC.

MÊS	PARÂMETROS DA EQUAÇÃO			TESTE F		R^2 (%)	CV(%)
	A	B	C	B	C		
Abr	2,8103	1,2848	-0,0210	569,9**	30,27**	98,24	14,19
Mai	3,7537	0,9968	-0,0098	532,6**	164,78**	98,19	14,62
Jun	5,9180	0,7956	-0,0066	331,1**	214,13**	98,58	12,74
Jul	2,3675	1,1721	-0,0144	751,1**	200,75**	98,71	12,53
Ago	2,9530	1,1032	-0,0131	623,4**	223,06**	98,89	11,18
Set	3,8741	1,1073	-0,0151	427,6**	21,86**	98,66	12,25
Out	3,0800	1,0899	-0,0134	352,5**	76,67**	97,75	16,27

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

¹ Equação correspondente ao método estatístico número 2, em que A, B e C são os coeficientes, Y é a estimativa diária de horas de frio inferior a 13°C e X é a razão de amplitudes térmicas (RA), sendo que $RA = 24(T_B - T_m) / (T_{max} - T_m)$, onde T_B é a temperatura base, T_m é a temperatura mínima diária e T_{max} é a média entre as temperaturas máximas do período de 24 horas considerado.

TABELA 14 - Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 7°C, nos meses de abril a outubro, para São Joaquim, SC.

MÊS	MÉTODO	COEFICIENTES		R	z(R)
		a	b	(%)	
ABR	estatístico (1)	1,69	0,75	86,17	1,2999 a
	estatístico (2)	1,57	0,76	87,29	1,3451 a
	analítico (3)	2,59	0,77	81,07	1,1291 a
	senoidal (4)	3,30	0,60	85,62	1,2789 a
MAI	estatístico (1)	2,36	0,81	89,98	1,4712 b
	estatístico (2)	1,56	0,87	93,48	1,6951 b
	analítico (3)	0,69	0,97	97,83	2,2563 a
	senoidal (4)	1,28	0,85	93,69	1,7121 b
JUN	estatístico (1)	3,15	0,78	88,23	1,3861 b
	estatístico (2)	1,87	0,87	93,19	1,6726 ab
	analítico (3)	2,33	0,89	95,15	1,8474 a
	senoidal (4)	1,04	0,89	93,89	1,7287 ab
JUL	estatístico (1)	2,51	0,80	89,28	1,4356 b
	estatístico (2)	1,20	0,90	95,01	1,8328 ab
	analítico (3)	2,08	0,88	95,20	1,8527 ab
	senoidal (4)	1,79	0,84	96,02	1,9485 a
AGO	estatístico (1)	4,58	0,65	79,97	1,0978 b
	estatístico (2)	2,18	0,83	91,19	1,5387 a
	analítico (3)	1,81	0,92	94,66	1,7980 a
	senoidal (4)	0,60	0,89	92,75	1,6402 a
SET	estatístico (1)	3,32	0,69	83,12	1,1920 a
	estatístico (2)	3,25	0,71	84,01	1,2215 a
	analítico (3)	2,02	0,89	91,68	1,5686 a
	senoidal (4)	2,49	0,73	88,04	1,3775 a
OUT	estatístico (1)	1,81	0,74	85,91	1,2899 a
	estatístico (2)	1,33	0,81	89,84	1,4639 a
	analítico (3)	1,28	0,96	90,58	1,5036 a
	senoidal (4)	2,51	0,65	90,80	1,5160 a

OBS.: Letras iguais indicam que os métodos não diferem estatisticamente entre si, pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, em cada mês.

TABELA 15 - Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 13°C, nos meses de abril a outubro, para São Joaquim, SC.

MÊS	MÉTODO	COEFICIENTES		R	z (R)	
		a	b	(%)		
ABR	estatístico (1)	5,64	0,59	76,94	1,0189	b
	estatístico (2)	2,35	0,83	91,20	1,5393	a
	analítico (3)	3,15	0,84	93,69	1,7121	a
	senoidal (4)	0,61	0,88	91,80	1,5762	a
MAI	estatístico (1)	3,13	0,80	89,21	1,4321	b
	estatístico (2)	2,22	0,86	92,92	1,6525	ab
	analítico (3)	2,90	0,87	94,84	1,8156	a
	senoidal (4)	1,34	0,90	93,64	1,7080	a
JUN	estatístico (1)	5,17	0,71	84,20	1,2280	b
	estatístico (2)	2,59	0,85	92,39	1,6150	a
	analítico (3)	3,80	0,82	93,33	1,6834	a
	senoidal (4)	0,42	0,94	93,44	1,6920	a
JUL	estatístico (1)	3,33	0,80	89,50	1,4465	c
	estatístico (2)	1,44	0,91	95,65	1,9031	b
	analítico (3)	1,43	0,94	98,35	2,3946	a
	senoidal (4)	1,03	0,91	96,64	2,0347	b
AGO	estatístico (1)	6,15	0,66	80,98	1,1264	b
	estatístico (2)	2,09	0,88	93,97	1,7355	a
	analítico (3)	3,33	0,85	95,09	1,8411	a
	senoidal (4)	1,41	0,90	95,32	1,8657	a
SET	estatístico (1)	8,44	0,50	70,81	0,8834	b
	estatístico (2)	3,02	0,82	90,73	1,5120	a
	analítico (3)	2,48	0,90	94,48	1,7810	a
	senoidal (4)	0,25	0,94	91,63	1,5655	a
OUT	estatístico (1)	5,99	0,56	74,60	0,9639	b
	estatístico (2)	2,46	0,82	90,30	1,4882	a
	analítico (3)	3,07	0,87	94,23	1,7582	a
	senoidal (4)	1,51	0,87	91,58	1,5623	a

OBS.: Letras iguais indicam que os métodos não diferem estatisticamente entre si, pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, em cada mês.

o analítico se destacou.

Para Videira, em relação à temperatura base de 7°C (tabela 16), constata-se que os métodos analítico e senoidal não diferiram estatisticamente, pelo teste "t", em todos os meses. Em cinco dos sete meses em estudo, o mesmo verificou-se considerando os métodos 2, 3 e 4. Para a temperatura base de 13°C (tabela 17) os métodos 2, 3 e 4 não diferiram em 6 meses estudados. Da mesma forma, para Caçador, pelo teste "t", observa-se que os métodos 2, 3 e 4 não diferiram entre si, em cinco dos sete meses, para ambas as temperaturas base, conforme as tabelas 18 e 19.

Para a temperatura base de 7°C , os métodos senoidal e estatístico nº 2 não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, em todos os meses e localidades estudados. O mesmo verifica-se em relação à temperatura base de 13°C , exceto para o mês de julho, em Videira (tabela 17).

O método analítico, de maneira geral, apresentou os maiores coeficientes de correlação (R), assim como coeficientes angulares (b) mais próximos da unidade, em relação aos outros métodos, como observa-se pelas tabelas 14 a 19. Por outro lado, o método estatístico nº 1 proporcionou as estimativas menos precisas, como pode ser verificado pelos menores coeficientes angulares (b) e de correla

TABELA 16 - Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 7°C, nos meses de abril a outubro, para Videira - SC.

MÊS	MÉTODO	COEFICIENTES		R	z (R)
		a	b	(%)	
ABR	estatístico (1)	1,92	0,74	86,17	1,2999 a
	estatístico (2)	2,10	0,72	85,06	1,2583 a
	analítico (3)	-1,64	1,05	88,38	1,3929 a
	senoidal (4)	1,62	0,71	87,92	1,3722 a
MAI	estatístico (1)	2,43	0,73	84,95	1,2544 b
	estatístico (2)	1,53	0,83	90,93	1,5234 b
	analítico (3)	-0,86	1,05	95,68	1,9066 a
	senoidal (4)	0,96	0,78	92,24	1,6049 ab
JUN	estatístico (1)	1,98	0,83	90,83	1,5177 b
	estatístico (2)	1,20	0,90	94,66	1,7980 ab
	analítico (3)	-0,96	1,06	95,35	1,8690 a
	senoidal (4)	0,82	0,84	94,86	1,8176 a
JUL	estatístico (1)	4,60	0,51	71,59	0,8992 b
	estatístico (2)	1,32	0,86	92,79	1,6431 a
	analítico (3)	-0,30	0,97	91,39	1,5501 a
	senoidal (4)	1,48	0,78	93,06	1,6628 a
AGO	estatístico (1)	1,82	0,78	88,04	1,3775 b
	estatístico (2)	1,07	0,87	93,32	1,6826 a
	analítico (3)	-0,92	1,09	95,92	1,9358 a
	senoidal (4)	1,74	0,80	93,26	1,6780 a
SET	estatístico (1)	1,96	0,77	87,73	1,3639 b
	estatístico (2)	1,30	0,85	92,05	1,5923 b
	analítico (3)	-1,05	1,15	97,32	2,1495 a
	senoidal (4)	1,56	0,87	94,32	1,7663 ab
OUT	estatístico (1)	0,74	0,86	93,07	1,6636 a
	estatístico (2)	0,57	0,90	94,59	1,7913 a
	analítico (3)	-0,42	0,95	93,52	1,6983 a
	senoidal (4)	2,13	0,72	94,62	1,7942 a

OBS.: Letras iguais indicam que os métodos não diferem estatisticamente entre si, pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, em cada mês.

TABELA 17 - Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 13°C, nos meses de abril a outubro, para Videira - SC.

MÊS	MÉTODO	COEFICIENTES		R	z(R)	
		a	b	(%)		
ABR	estatístico (1)	1,58	0,84	92,00	1,5890	a
	estatístico (2)	1,17	0,88	94,10	1,7467	a
	analítico (3)	-0,01	1,06	95,03	1,8349	a
	senoidal (4)	1,28	0,86	94,31	1,7654	a
MAI	estatístico (1)	3,00	0,76	84,97	1,2551	b
	estatístico (2)	1,22	0,90	94,98	1,8297	a
	analítico (3)	1,61	0,94	95,47	1,8823	a
	senoidal (4)	1,36	0,85	95,07	1,8390	a
JUN	estatístico (1)	6,93	0,57	75,63	0,9875	b
	estatístico (2)	2,31	0,86	92,52	1,6240	a
	analítico (3)	1,14	0,97	93,52	1,6983	a
	senoidal (4)	-0,41	0,98	92,50	1,6226	a
JUL	estatístico (1)	8,20	0,45	67,42	81,84	c
	estatístico (2)	4,16	0,72	85,06	1,2583	b
	analítico (3)	1,85	0,91	90,02	1,4733	ab
	senoidal (4)	1,02	0,89	92,25	1,6056	a
AGO	estatístico (1)	4,28	0,67	81,63	1,1456	b
	estatístico (2)	2,22	0,83	90,99	1,5269	a
	analítico (3)	1,00	0,99	92,68	1,6352	a
	senoidal (4)	1,07	0,90	90,32	1,4893	a
SET	estatístico (1)	3,92	0,68	82,61	1,1757	b
	estatístico (2)	1,55	0,87	93,49	1,6959	a
	analítico (3)	0,60	1,01	95,86	1,9284	a
	senoidal (4)	2,27	0,84	93,36	1,6857	a
OUT	estatístico (1)	2,24	0,75	86,35	1,3069	a
	estatístico (2)	1,48	0,83	91,38	1,5501	a
	analítico (3)	0,11	1,08	93,60	1,7047	a
	senoidal (4)	2,32	0,84	91,84	1,5787	a

OBS.: Letras iguais indicam que os métodos não diferem estatisticamente entre si, pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, em cada mês.

TABELA 18 - Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 7°C, nos meses de abril a outubro, para Caçador - SC.

MÊS	MÉTODO	COEFICIENTES		R	z (R)	
		a	b	(%)		
ABR	estatístico (1)	0,76	0,85	92,42	1,6171	a
	estatístico (2)	1,02	0,80	89,72	1,4577	a
	analítico (3)	0,00	0,96	95,03	1,8349	a
	senoidal (4)	2,31	0,75	89,27	1,4351	a
MAI	estatístico (1)	0,96	0,88	0,9407	1,7441	a
	estatístico (2)	0,76	0,91	0,9530	1,8635	a
	analítico (3)	0,59	0,99	0,9595	1,9396	a
	senoidal (4)	2,77	0,74	0,9476	1,8077	a
JUN	estatístico (1)	3,38	0,68	82,69	1,1783	b
	estatístico (2)	1,70	0,84	91,68	1,5686	a
	analítico (3)	1,13	0,93	90,07	1,4759	ab
	senoidal (4)	2,38	0,77	90,62	1,5058	a
JUL	estatístico (1)	2,23	0,77	87,96	1,3740	c
	estatístico (2)	1,16	0,88	93,90	1,7295	ab
	analítico (3)	1,21	0,91	89,47	1,4450	bc
	senoidal (4)	1,87	0,81	94,70	1,8919	a
AGO	estatístico (1)	2,00	0,78	88,24	1,3865	a
	estatístico (2)	1,14	0,87	93,40	1,6888	a
	analítico (3)	0,47	1,00	91,95	1,5858	a
	senoidal (4)	2,32	0,79	92,58	1,6282	a
SET	estatístico (1)	1,69	0,79	88,80	1,4124	ab
	estatístico (2)	1,11	0,86	92,84	1,6467	ab
	analítico (3)	-0,83	1,14	94,55	1,7875	a
	senoidal (4)	2,06	0,82	87,22	1,3422	b
OUT	estatístico (1)	0,11	0,98	99,19	2,7525	a
	estatístico (2)	0,17	0,97	98,74	2,5304	a
	analítico (3)	-2,00	1,28	98,63	2,4883	a
	senoidal (4)	0,75	0,98	98,51	2,4460	a

OBS.: Letras iguais indicam que os métodos não diferem estatisticamente entre si pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, em cada mês.

TABELA 19 - Coeficientes linear (a) e angular (b), coeficientes de correlação (R) e transformações z(R), correspondentes as regressões lineares entre valores diários de horas de frio observados de termogramas (variável independente) e estimados pelos diferentes métodos (variável dependente), para a temperatura base de 13°C, nos meses de abril a outubro, para Caçador - SC.

MÊS	MÉTODO	COEFICIENTES		R	z(R)	
		a	b	(%)		
ABR	estatístico (1)	2,65	0,72	84,50	1,2384	b
	estatístico (2)	1,44	0,84	91,92	1,5838	a
	analítico (3)	0,88	0,98	90,61	1,5053	ab
	senoidal (4)	2,58	0,78	90,86	1,5194	ab
MAI	estatístico (1)	4,56	0,61	78,60	1,0609	b
	estatístico (2)	2,19	0,81	90,31	1,4888	a
	analítico (3)	1,93	0,94	90,76	1,5137	a
	senoidal (4)	2,21	0,85	90,74	1,5126	a
JUN	estatístico (1)	7,81	0,48	69,01	0,8481	b
	estatístico (2)	2,70	0,82	90,50	1,4992	a
	analítico (3)	1,85	0,91	92,15	1,5989	a
	senoidal (4)	0,98	0,90	90,09	1,4770	a
JUL	estatístico (1)	6,25	0,56	74,91	0,9709	b
	estatístico (2)	2,56	0,82	90,57	1,5031	a
	analítico (3)	1,64	0,92	92,24	1,6049	a
	senoidal (4)	1,74	0,86	90,42	1,4948	a
AGO	estatístico (1)	6,28	0,52	72,21	0,9120	b
	estatístico (2)	1,46	0,89	94,27	1,7618	a
	analítico (3)	-0,78	1,05	96,19	1,9707	a
	senoidal (4)	0,79	0,94	95,14	1,8463	a
SET	estatístico (1)	6,91	0,44	66,30	0,7981	c
	estatístico (2)	1,88	0,85	92,06	1,5929	b
	analítico (3)	0,59	1,00	95,42	1,8767	a
	senoidal (4)	1,69	0,87	94,12	1,7485	ab
OUT	estatístico (1)	4,72	0,51	71,63	0,9000	c
	estatístico (2)	2,54	0,74	85,96	1,2918	bc
	analítico (3)	-1,21	1,19	94,97	1,8287	a
	senoidal (4)	1,13	0,91	89,22	1,4326	b

OBS.: Letras iguais indicam que os métodos não diferem estatisticamente entre si, pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, em cada mês.

ção (R) geralmente apresentados (tabelas 14 a 19).

Considerando os resultados e a discussão apresentados até este ponto, pode-se recomendar o método analítico na estimativa diária de horas de frio, por ser aquele que apresentou valores estimados mais próximos dos observados, quando comparado com os outros métodos estudados, confirmando os resultados obtidos por HELDWEIN (1983) para Santa Maria - RS. Entretanto, os métodos senoidal e estatístico nº 2, por não terem diferido estatisticamente do método analítico na maioria dos casos, constituem-se em opções para a estimativa do número diário de horas de frio para as localidades estudadas, com a vantagem de exigirem somente temperaturas máximas e mínimas diárias, diminuindo o número de dados básicos para os cálculos, além de eliminar a exigência da observação da temperatura do ar às 21:00 horas (hora local), menos frequente do que a das extremas.

Para a adoção de um método de referência para a estimativa diária de horas de frio para o Estado de Santa Catarina, têm-se como melhores alternativas os métodos analítico e senoidal, por permitirem estimativas em localidades que não disponham de registros termográficos ou termométricos horários, os quais são necessários para se estabelecerem métodos baseados em análise de regressão. Caso um determinado local não apresente registro da temperatura do ar às 21:00 horas (hora local), o método senoi-

dal pode ser uma boa opção.

Até o momento, os métodos foram analisados considerando-se estimativas diárias de horas de frio. Para períodos maiores, a precisão das estimativas tende a aumentar. A figura 6 apresenta os totais anuais, observados de termogramas e estimados pelos métodos, utilizados no presente estudo, em relação a temperatura base de 7°C , para Caçador - SC. A figura 7 refere-se aos dados utilizados nas análises para a temperatura base de 13°C . Através destes gráficos, constata-se a tendência de todos os métodos, em fornecer totais anuais de horas de frio com precisão aceitável para certos estudos agroclimáticos.

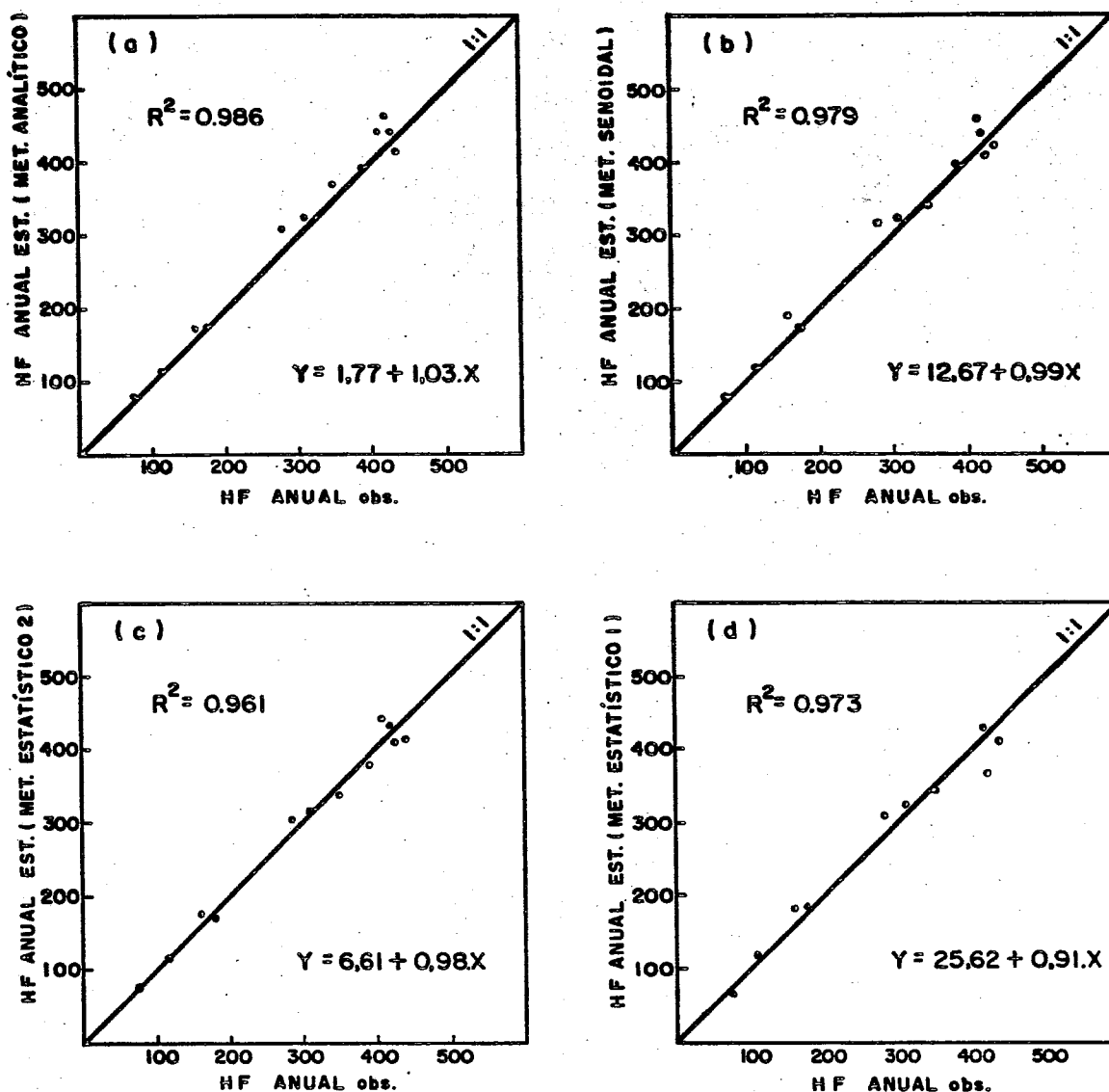


FIGURA 6 - Gráficos representativos do somatório anual das horas de frio dos dados termográficos utilizados nas análises (HF ANUAL obs. = X), em correlação com o somatório anual das horas de frio estimadas (HF ANUAL est. = Y) pelos métodos analítico (a), senoidal (b), estatístico nº2 (c) e estatístico nº1 (d), com respectivos coeficientes de determinação (R^2) e equações de regressão, para a temperatura base de 7°C, para Caçador - SC.

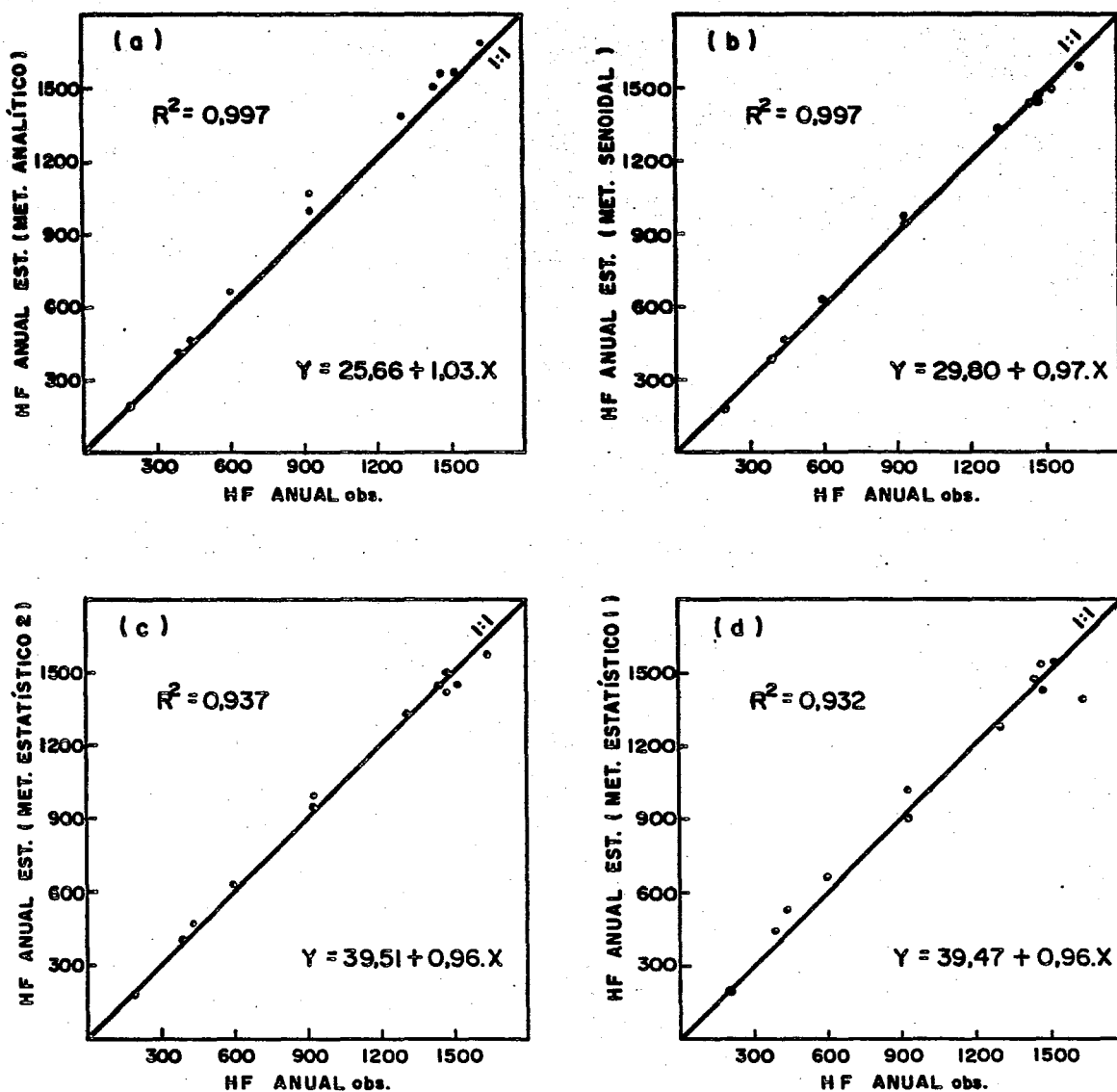


FIGURA 7 - Gráficos representativos do somatório anual das horas de frio dos dados termográficos utilizados nas análises (HF ANUAL obs. = X), em correlação com o somatório anual das horas de frio estimadas (HF ANUAL est. = Y) pelos métodos analítico (a), senoidal (b), estatístico nº 2 (c) e estatístico nº 1 (d), com respectivos coeficientes de determinação (R^2) e equações de regressão, para a temperatura base de 13°C , para Caçador - SC.

5. CONCLUSÕES

Na comparação dos quatro métodos estudados para a estimativa de horas de frio para três localidades de Santa Catarina, observou-se que:

a) O método denominado analítico apresentou valores diários estimados de horas de frio mais próximos aos valores observados em termogramas do que os métodos denominados de "senoidal", "estatístico nº 2" e "estatístico nº 1".

b) Os métodos "senoidal" e "estatístico nº 2", por não terem diferido estatisticamente do "analítico" na maioria dos meses nas três localidades, podem ser opções vantajosas na estimativa do valor diário de horas de frio. O método senoidal, em relação ao estatístico nº 2, apresenta a vantagem de poder ser utilizado em localidades que não possuam registros termográficos ou leituras horárias de temperatura do ar.

c) Para estimativas de horas de frio em períodos maiores que um dia, os métodos "senoidal" e "estatístico nº 2" po-

dem. ser usados, apresentando boa precisão e tendo a vantagem, em relação ao analítico, de exigirem somente dados de temperaturas extremas do ar.

d) Para estimativas anuais, mesmo o método "estatístico nº 1" pode ser usado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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

- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. 11a. ed. Piracicaba, Livraria Nobel, 1985. 466 p.
- GUIDONI, A.L.; L.R. FEITOZA; F.S. QUEZADA e J.M. de AZEVEDO. Estimativa de horas de frio abaixo de 7°C no Estado do Espírito Santo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 17(12):1695-1700, 1982.
- GURDIAN, R.J. e R.H. BIGGS. Effect of low temperatures on terminating bud dormancy of "Okinawa", "Flordawon", "Flordahome" and "Nemaguard" peaches. Florida State Horticultural Society, Miami, 77:370-378, 1964.
- HELDWEIN, A.B. Avaliação de métodos de estimativa de totais diários de horas de frio, para Santa Maria - RS. Piracicaba, 1983. 96 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- LEDESMA, N.R. Consecuencias del frio invernal insuficiente en los arboles de foliagem caduco. Rev. de la Facultad de Agronomia de la Plata, Buenos Aires, 27(2):181-196, 1950.
- MARKUS, R. Um estudo estatístico dos invernos de Porto Alegre em relação às exigências de frio das frutíferas de clima temperado. Rev. Agronômica, Porto Alegre, 16:231-298, 1952.

MOTA, F.S. da. Os invernos de Pelotas - RS, em relação às exigências de frio das frutíferas de clima temperado. Bol. Técnico do Instituto Agronômico do Sul, Pelotas, 18:1-38.

NETER, J. e W. WASSERMAN. Applied linear statistical models. Georgetown, R.D. Irwin, 1974. 842 p.

PEDRO JUNIOR, M.J.; A.A. ORTOLANI; O. RIGITANO; R.R. ALFONSI; H.S. PINTO e O. BRUNINI. Estimativa de horas de frio abaixo de 7 e de 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 38(13):123-130, 1979.

PETRI, J.L. e M. PASQUAL. Quebra da dormência em macieira. Boletim Técnico EMPASC, Florianópolis, 18:1-54, 1982.

SAMISH, R.M. Dormancy in woody plants. An. Rev. of Plant Physiology, Palo Alto, 5:183-201, 1954.