



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 38

Campinas, julho de 1979

N.º 13

ESTIMATIVA DE HORAS DE FRIO ABAIXO DE 7 E DE 13°C PARA REGIONALIZAÇÃO DA FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO NO ESTADO DE SÃO PAULO (1)

MÁRIO J. PEDRO JÚNIOR (2), ALTINO ALDO ORTOLANI, *Seção de Climatologia Agrícola*, ORLANDO RIGITANO, *Seção de Frutas de Clima Temperado*, ROGÉRIO REMO ALFONSI (2), HILTON SILVEIRA PINTO e ORIVALDO BRUNINI (2), *Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agrônomo*

SINOPSE

Estimativa e mapeamento do número de horas com temperaturas abaixo de 7 e 13°C no Estado de São Paulo e análise comparativa do comportamento de fruteiras de clima temperado constituem os objetivos do presente trabalho. Foi cotado o número de horas com temperaturas inferiores a 7 e 13°C, índices considerados limites necessários à dormência dessas plantas. Foram selecionados termogramas de doze postos agrometeorológicos do Instituto Agrônomo, situados em altitudes variáveis entre 25 e 1.000m, correspondentes ao período 1964-1973. Estabeleceram-se equações para estimativa do número de horas com temperaturas inferiores a 7°C (HF-7) e 13°C (HF-13) em função da temperatura média do mês de julho, cujos coeficientes de correlação foram de -0,88 e -0,93, respectivamente.

Com base nessas equações foram mapeadas as isolinhas de HF-7 e HF-13 para o Estado de São Paulo, encontrando-se desde valores médios anuais de HF-7 inferiores a 20 horas, característicos das regiões de transição de clima mesotérmico a megatérmico do Planalto Ocidental e das regiões mais baixas do norte e oeste do Estado, até valores anuais de HF-7 superiores a 200 horas, característicos das áreas acima de 1.500 metros de altitude no Sul do Estado, na serra da Mantiqueira, limítrofe com Minas Gerais, e na serra do Mar, limítrofe com o Rio de Janeiro.

Com base na introdução de diferentes frutíferas de clima temperado no Estado de São Paulo, verificou-se uma relação muito grande entre os índices HF-7 e HF-13 mapeados com o comportamento e potencialidade de exploração comercial.

(1) Recebido para publicação em 26 de fevereiro de 1979.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

É bem conhecida a necessidade que certas espécies vegetais têm de satisfazer determinado número de horas com baixas temperaturas, durante o período de hibernação, para que o processo vegetativo subsequente se complete sem anomalias fenológicas e sem grandes variações na produtividade (4, 11). As espécies de plantas perenes de folhas caducas são as que mais demonstram essa "exigência de frio", razão pela qual são também chamadas criófilas (5).

Para as espécies frutíferas criófilas, as principais conseqüências da falta de frio invernal são: queda de gemas floríferas, atraso na brotação e na floração, florescimento irregular e prolongado, desuniformidade do tamanho e da qualidade dos frutos, e diminuição do vigor e da produtividade da planta (4, 11).

Embora existam variações quanto à exigência de hibernação, a intensidade de frio correspondente a 7°C de temperatura é aceita em muitos países como limite superior de temperaturas consideradas com ação favorável ao desenvolvimento das plantas criófilas (3, 5, 11, 15).

A quantidade de horas acumuladas em que a temperatura do ar permanece abaixo desse limite — conhecida como "horas de frio", "horas de esfriamento" ou "unidades de dormência" — é um valor comumente usado para definir a "exigência de frio" e caracterizar a adaptabilidade climática dessas plantas. Alguns autores admitem temperaturas um pouco mais altas para o cálculo de horas de frio (7, 15).

As horas de frio podem constituir um parâmetro que possibilite avaliar a aptidão climática de determinada região em função de exigências específicas de certas espécies e variedades de fruteiras de clima temperado. Do mesmo modo, permitem prever a adaptabilidade de determinadas plantas em regiões com clima capaz de satisfazer as suas necessidades básicas de hibernação.

No Brasil, foram feitas estimativas desse parâmetro no Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com o emprego de uma equação de regressão desenvolvida para Pelotas (RS) (6, 9).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Para a determinação das equações de regressão de estimativa do número de horas de frio, foram utilizados termogramas existentes nos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico — Campinas. Esses termogramas, abrangendo o período de 1964 a 1973, foram obtidos de termógrafos localizados em doze postos meteorológicos distribuídos pelo interior do Estado, em Ataliba Leonel, Campinas, Cássia dos Coqueiros, Limeira, Mococa, Monte Alegre do Sul, Pariquera Açu, Pindorama, Ribeirão Preto, São Roque, Tatuí e Tietê.

Os termógrafos foram calibrados periodicamente e os termogramas sofreram uma correção diária em função das temperaturas lidas em termômetros, nos horários das 7, 14 e 21 horas.

2.2. Métodos

A temperatura de 7°C foi utilizada como limite térmico superior para o cômputo do número de horas de frio, por ser considerado o valor máximo de temperaturas necessárias na fase de dormência das plantas criófilas (1, 3, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15).

Embora esse valor não seja imutável nem igualmente aplicável para todas as espécies e variedades, é aceito nos principais países produtores de frutas de clima temperado, como limite médio adequado para o cômputo das horas de frio (3, 5, 15).

Foi computado, também, o número de horas com temperatura abaixo de 13°C, pois tem sido observado que determinados germoplasmas e variedades possuem exigências menores de baixas temperaturas, para completarem a dormência (3, 7, 15).

Os valores médios de horas de frio de cada local, em relação a 7 e 13°C, 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.

Utilizando dados obtidos através das equações de estimativa do número de horas de frio, foram feitas as cartas de isolinhas de temperaturas abaixo de 7 e 13°C, com base no mapa de isotermas do mês de julho, elaborado para o Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo (2).

3. RESULTADOS

3.1 — Equações de estimativa do número de “horas de frio”

Estabeleceram-se equações de estimativa do número de horas com

QUADRO 1. — Valores do número de horas com temperatura abaixo de 7°C (HF-7) e de 13°C (HF-13) e de temperatura média do mês de julho (Tmj) em °C

Local	Lat.	Long.	Alt. (m)	Hf-7	Hf-13	Tmj
São Roque	23°32'S	47°08'W	850,0	89,0	1.167,7	15,1
Tatui	23°22'S	47°52'W	600,0	82,0	935,1	15,8
Ataliba Leonel	23°10'S	49°20'W	589,0	76,0	842,7	15,6
Monte Alegre do Sul	22°41'S	46°43'W	777,0	39,6	676,5	16,0
Tietê	23°07'S	47°43'W	538,0	45,8	627,2	17,1
Limeira	22°32'S	47°27'W	639,0	24,1	535,2	17,0
Pariquera-Açu	24°43'S	47°53'W	25,0	9,9	298,2	17,3
Pindorama	21°13'S	48°56'W	562,0	11,4	236,5	18,8
Cássia dos Coqueiros	21°21'S	47°10'W	1.000,0	24,9	475,4	16,6
Campinas	22°05'S	47°05'W	669,0	19,6	417,9	17,4
Mococa	21°28'S	47°01'W	665,0	5,9	223,4	18,5
Ribeirão Preto	21°11'S	47°48'W	621,0	7,9	214,8	18,7

temperatura abaixo de 7°C (HF-7) e abaixo de 13°C (HF-13), respectivamente, em função da temperatura média do mês de julho (T_{mj}) da região, por apresentar maior correlação em relação às demais variáveis independentes testadas.

As equações de regressão linear encontradas foram:

$$a) \text{ HF-7} = 401,9038 - 21,5142 \cdot T_{mj}$$

$$b) \text{ HF-13} = 4482,8811 - 231,2112 \cdot T_{mj}$$

Os coeficientes de regressão linear para essas equações foram, respectivamente, -0,88 e -0,93, ambos significativos ao nível de 1% segundo STEEL & TORRIE (12).

3.2. Cartas do número de horas de frio para o Estado de São Paulo

Tomando-se por base os dados calculados das equações de estimativa, foram elaboradas as cartas de isolinhas do número de horas com temperatura do ar abaixo de 7 e 13°C, respectivamente, para o Estado de São Paulo (Cartas 1 e 2).

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

4.1. Formas de estimativa de "horas de frio"

O cômputo direto do número de "horas de frio" requer observações horárias ou equipamento de registro contínuo da temperatura, o que é dispendioso e nem sempre possível. Nessas condições, o estabelecimento de um índice climático da tempera-

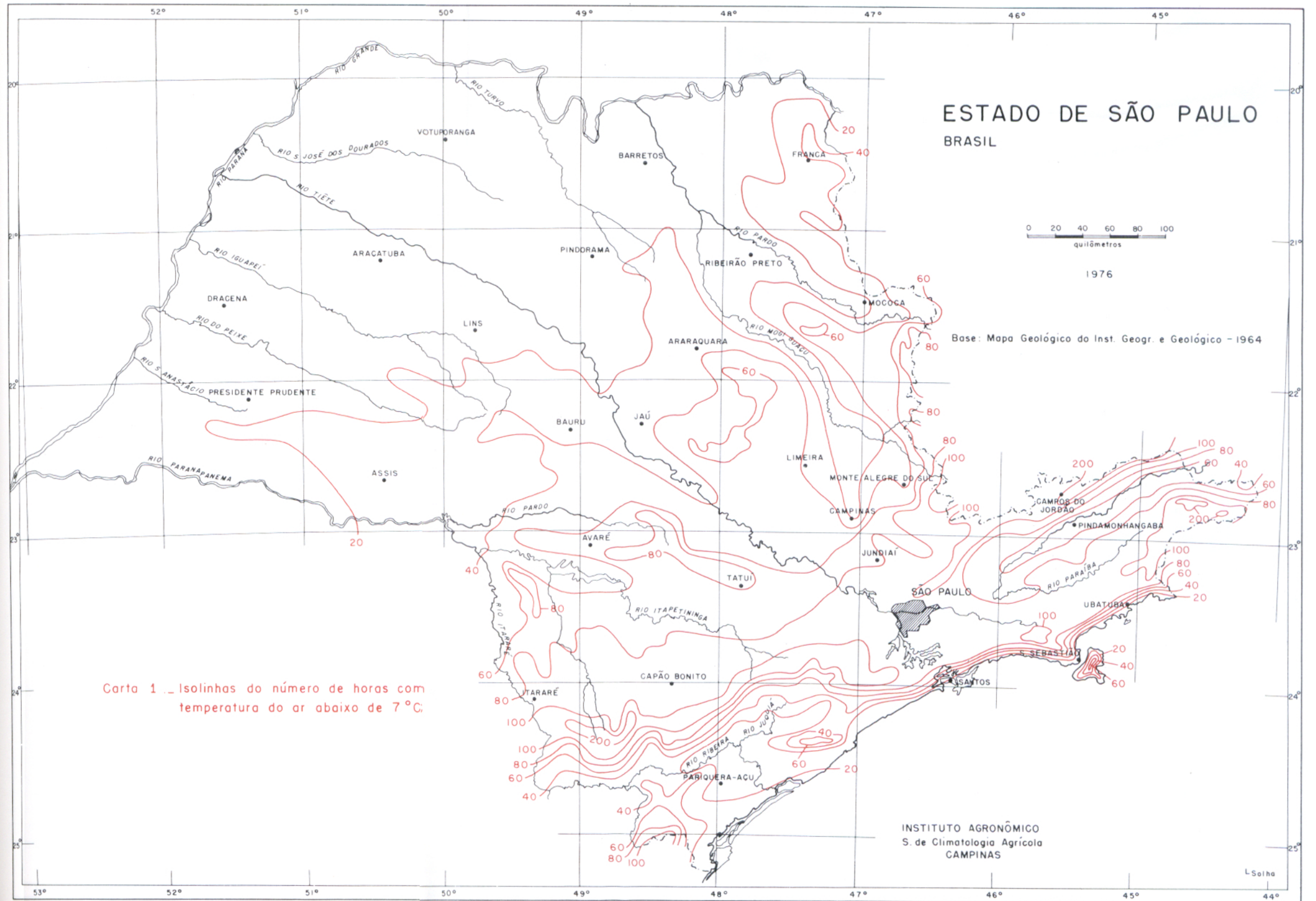
tura de fácil obtenção e que esteja altamente correlacionado, no decorrer do período, com temperaturas abaixo de 7°C ou 13°C, simplifica muito o cálculo do número de horas de frio (11).

Essas correlações foram feitas em vários locais com relativo êxito. Para a região de Porto Alegre (RS), encontrou-se uma correlação significativa ($r = -0,804$) entre a temperatura mínima e a duração em horas do período de frio; utilizando-se, porém, a relação existente entre temperatura média e número mensal de "horas de frio", o coeficiente de correlação linear ($r = 0,898$) aumentou (9). Em função desse fato, correlacionou-se para Pelotas (RS) a temperatura média mensal e o número mensal de "horas de frio", encontrando-se um coeficiente de correlação (r) igual a -0,864 (9).

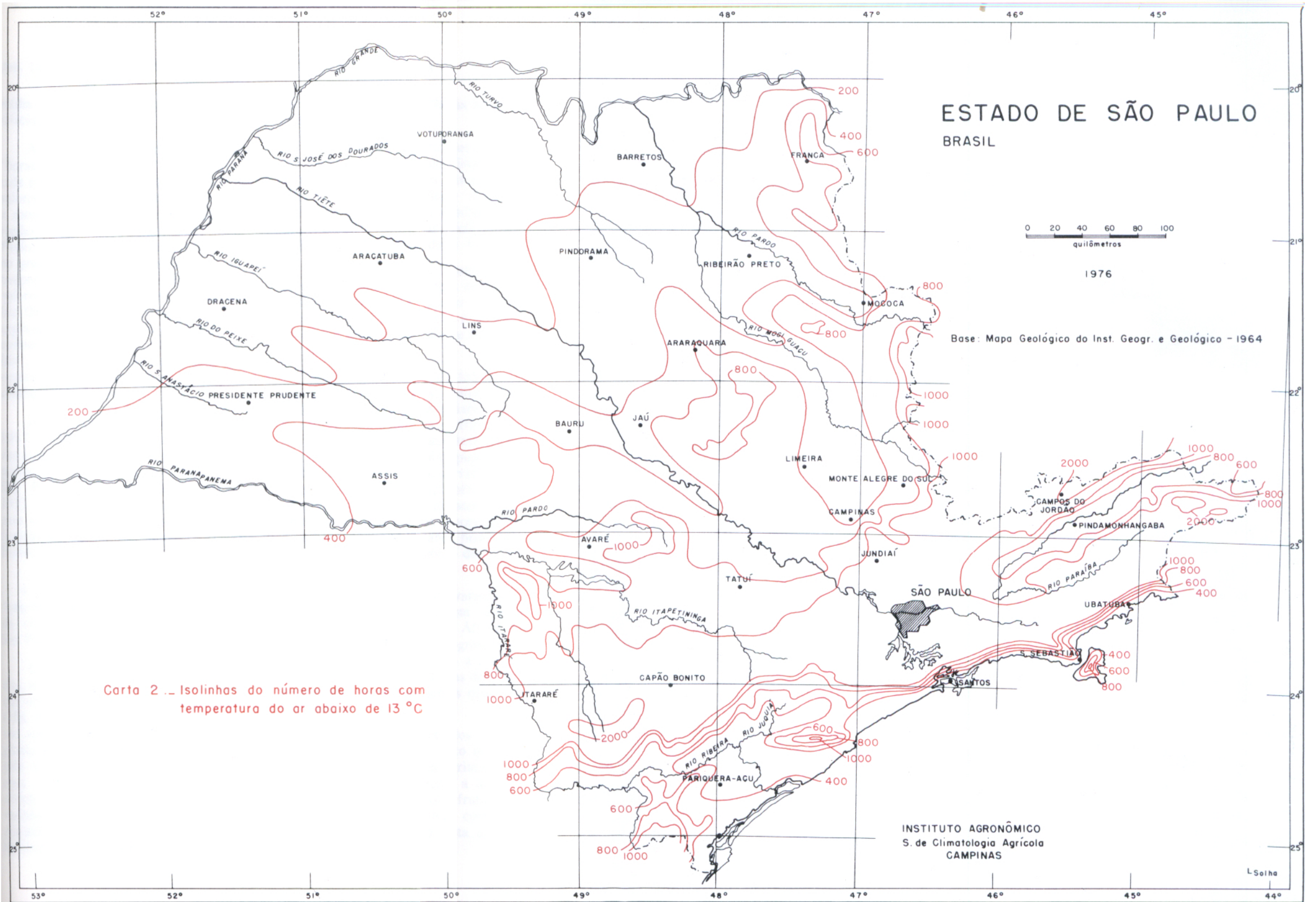
O mesmo método foi usado para estimativa de "horas de frio" para Buenos Aires (Argentina), encontrando-se altos coeficientes de correlação, sendo que os mais altos ocorreram para o mês de junho ($r = -0,934$) e julho ($r = -0,929$) (11).

No zoneamento da viabilidade técnico-econômica da fruticultura de clima temperado em Minas Gerais, foi utilizada a equação desenvolvida para o mês de junho ($r = -0,934$) e julho ($r = -0,929$) (11).

No presente trabalho, foram utilizadas equações desenvolvidas para as condições peculiares do Estado de São Paulo, e para facilitar o mapeamento do número de "horas de frio", a estimativa desse parâmetro foi feita em função da temperatura



Carta 1 - Isolinhas do número de horas com temperatura do ar abaixo de 7°C;



média do mês de julho, pela alta correlação apresentada.

A carta da disponibilidade de "horas de frio" ($T \leq 7,2^{\circ}\text{C}$) elaborada para Minas Gerais (6) apresenta valores da ordem de 800 horas para a zona da serra da Mantiqueira, na região limítrofe ao Estado de São Paulo, ao passo que a estimativa feita no presente trabalho, baseando-se na temperatura média de julho, indica valores superiores a 200 horas de frio (HF-7). Essa diferença pode ser explicada pelos diversos métodos de estimativa do número de "horas de frio", sobretudo pelo emprego de equações não desenvolvidas para as condições regionais.

As equações de estimativa de HF-7 e HF-13, por terem sido obtidas através de valores médios de doze postos meteorológicos do Estado de São Paulo, para o período 1964-1973, merecem alta confiabilidade para os estudos de regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo.

4.2. Considerações sobre a "exigência de frio" para a fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo

Considera-se nos Estados Unidos, no Japão e em países europeus, que um total de 850 "horas de frio" (15), durante o período de repouso, são suficientes para satisfazer a exigência de hibernação de suas principais variedades comerciais de pêsego, nectarina, ameixa, amêndoa e abricô. Por outro lado, as principais variedades de maçã, pêra, cereja e noz européia, cultivadas nesses países, têm necessidades ainda maiores, em

torno de 900 a 1.000 "horas de frio" (HF-7).

Tais variedades, trazidas para as condições climáticas do Estado de São Paulo, em coleções das estações experimentais do Instituto Agrônomo, jamais chegaram a adaptar-se, apresentando todas as deficiências apontadas no início deste trabalho.

Deve-se ressaltar, porém, que existem grandes diferenças entre espécies e variedades quanto à "exigência de frio", e este não é o único fator que afeta o período de dormência das plantas.

Algumas espécies de folhas caducas ou semicaducas, como figo, caqui, nêspera, abacate, goiaba, mostram-se pouco exigentes de frio invernal e se adaptam satisfatoriamente em regiões de clima subtropical. Por outro lado, determinadas variedades de pêsego, ameixa, maçã, pêra e uva, originárias de regiões quentes, satisfazem facilmente suas necessidades de hibernação, encontrando boa adaptabilidade em condições de clima ameno.

Com base em tais variedades, têm sido desenvolvidas em alguns países — Estados Unidos, África do Sul, Israel e Brasil — programas de melhoramento, objetivando a criação de novos cultivares de frutas de clima temperado, pouco exigentes quanto à hibernação.

Os resultados obtidos foram altamente significativos, fato que tem possibilitado, nos últimos trinta anos, ampliar consideravelmente a área de cultivo econômico dessas frutas, em regiões até há pouco tidas como impróprias, do ponto de vista agroclimático.

No Brasil, esse trabalho vem sendo desenvolvido em São Paulo, no Instituto Agronômico de Campinas (16, 17, 18, 19).

A seleção, no Instituto Agronômico, de novas variedades de pêsego, ameixa, pêra, maçã e caqui, com pequenas exigências de "horas de frio" para o repouso hibernar — em torno de cem horas — transformou rapidamente a fruticultura paulista de clima temperado em um dos setores de maior expansão e rentabilidade da agricultura de São Paulo, nos últimos anos.

A região em que essa fruticultura se desenvolve em maior escala se encontra na zona montanhosa dos municípios próximos da Capital paulista, onde o inverno se apresenta com valores térmicos médios, entre 60 e 120 "horas de frio" ($< 7^{\circ}\text{C}$), ou entre 800 e 1.000 horas ($< 13^{\circ}\text{C}$) (Cartas 1 e 2). A mencionada região abrange, em linhas gerais, uma faixa de território com mais de 600 metros de altitude, que se estende pouco acima e abaixo do trópico de Capricórnio, entre as latitudes de $22,5^{\circ}$ e $24,5^{\circ}\text{S}$, compreendendo principalmente os arredores da Capital (Itaquera), Guarulhos, Moji das Cruzes, Guararema, Mairiporã, Jundiá, Itatiba, Atibaia, Cotia, Ibiúna, São Roque e Mairinque.

É nessa extensa região que se concentram as principais culturas de

uva, pêsego, ameixa, pêra, caqui e nêspera do Estado de São Paulo. As culturas da maçã, uva, pêsego e ameixa estão se estendendo, também, numa área de condições semelhantes, na região Sul, em direção a Itapetininga, Angatuba e Buri, ou em Piedade, São Miguel Arcanjo e Guapiara; nas regiões Nordeste e Leste, limítrofes com o Estado de Minas Gerais, nas encostas da serra da Mantiqueira, abrangendo os municípios de Monte Alegre do Sul, Lindóia e Espírito Santo do Pinhal, de um lado, e, de outro, os de São José dos Campos, São Bento do Sapucaí e Campos do Jordão, assim como em regiões próximas ao litoral Norte, nas vertentes da serra do Mar, em Redenção da Serra, Cunha e Bananal.

Certas variedades rústicas de pêsego, ameixa, pêra, caqui, figo e nêspera vêm sendo cultivadas com êxito em regiões mais quentes, com índices térmicos entre 40 e 80 horas ($< 7^{\circ}\text{C}$) ou 600 e 800 horas ($< 13^{\circ}\text{C}$), notadamente nas áreas próximas a Campinas, Tietê, Botucatu e até mesmo Bauru. Da mesma forma, algumas variedades de uva, pêra, maçã, ameixa e caqui, não tão exigentes de "frio", são cultivadas com relativo sucesso, mediante técnicas especiais, em regiões com menos de 40 horas ($< 7^{\circ}\text{C}$), nos arredores de Assis, Paraguaçu Paulista e Presidente Prudente.

TEMPERATE FRUIT CROP ZONING IN THE STATE OF SÃO PAULO — BRAZIL
BASED UPON ESTIMATED NUMBER OF HOURS WITH TEMPERATURE BELOW
7 AND 13°C

SUMMARY

The behavior of temperate climate fruit crops in the State of São Paulo — Brazil as function of "dormancy units" (DAMARIO, 1969) was analysed with the object of

providing a simple method for mapping areas with aptitude for commercial development of the crop trees.

Thermographs from 12 agrometeorological stations located at altitudes varying from 25 to 1000 meters above sea level and corresponding to the period 1964-1973 were analysed. The number of hours with temperatures below 7 and 13°C, obtained from the diagrams, were correlated with the mean temperature of July, the coldest month, with correlation coefficients equal to -0.88 and -0.93, respectively.

Regression equations, were used for mapping the isolines of "dormancy units" for both base temperatures. It was shown that the total period with temperature below 7°C is variable from 20 to more than 200 hours as the altitude increases. A good agreement between commercial exploitation of the crops and the chilling period was also observed.

LITERATURA CITADA

1. BROWN, D. S. The relation of temperature to flower bud drop of peaches. Proc. Am. Soc. hort. Sci., **71**:77-87, 1958.
2. CAMARGO, A. P.; PINTO, H. S.; PEDRO JUNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R. & ORTOLANI, A. A. Clima do Estado de São Paulo. In: Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1974. v. 1.
3. CHANDLER, W. H. Deciduous orchards. 3. ed. Phyladelphia, Lea and Febiger, 1957.
4. ——— et alii. Chilling requirements for opening of buds on deciduous orchard trees and some other plants in California. Berkeley, Calif. Agric. Exp. Sta., 1937. 63p. (Bull. 611)
5. DAMARIO, E. A. Carta estimada de horas de frio de la República Argentina. Rev. Fac. Agron. Vet. Univ. B. Aires, **17**(2):25-38, 1969.
6. FERREIRA, A. A. Estudo da viabilidade técnico-econômica da fruticultura de clima temperado no Estado de Minas Gerais. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1975.
7. GURDIAN, R. J. & BIGGS, R. H. Effect of low temperatures on terminating bred-dormancy of "Okinawa", "Flordawon", "Flordahome" and "Neguard" peaches. Proc. Fla. St. hort. Soc., v. 77. 1964.
8. LESLEY, J. W. & WINSLOW, M. M. Behavior of short-chilling peach varieties in Southern California. Calif. Agric., **15**(158):8-10, 1961.
9. MOTA, F. S. Os invernos de Pelotas, RS, em relação às exigências das árvores frutíferas de folhas caducas. Pelotas, Inst. Agron. do Sul, 1957. 31p. (Boletim técnico, 18)
10. OPPENHEIMER, C. H. & SLOR, E. Breeding of apples for a subtropical climate. Theoretical and Applied Genetics, **38**:97-102, 1968.
11. PASCALE, A. J. & ASPIAZÚ, C. Regimen de horas de frio durante el invierno en Buenos Aires. Rev. Fac. Agron. Vet. Univ. B. Aires, **16**(2):63-82, 1965.
12. STEEL, R. G. D. & TORRIE, H. J. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw Hill, 1960. 481p.
13. WIENBERGER, J. H. Chilling requirements of peach varieties. Proc. Am. hort. Sci., **56**:122-128, 1950.
14. ——— Prolonged dormancy of peaches. Proc. Am. hort. Sci., **56**:129-133, 1950.

15. WIENBERGER, J. H. Prolonged dormancy trouble in peaches in the southeast in relation to Winter temperatures. *Proc. Am. hort. Sci.*, **67**:107-112, 1956.
16. RIGITANO, O. Importantes contribuições à fruticultura de clima temperado. Superadas as condições adversas do clima paulista. *O Agrônomo*, Campinas, **20**(11/12):1-6, 1968.
17. ——— & OJIMA, M. Carmesim — nova ameixa para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1973. 20p. (Boletim, 205)
18. ———; ——— & DALL'ORTO, F. A. C. Comportamento de novas seleções de pêssegos introduzidos da Flórida. Campinas, Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Circular, 46)
19. ———; ——— & ———. Novos cultivares de maçã para o clima paulista. Campinas, Instituto Agrônomo, 1975. 11p. (Boletim técnico, 31)