

DESEMPENHO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE HORAS DE FRIO

CARLOS ROBERTO BÖNEMANN BUCHWEITZ¹; ROBERTO TRENTIN²;
EDGAR RICARDO SCHÖFFEL³

¹*Universidade Federal de Pelotas – carlos.agroambiental@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – trentin.rt@hotmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – ricardo.schoffel@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é a expressão da energia contida no meio, sendo resultado do balanço energético que se estabelece em determinado ambiente, onde o padrão típico de variação diária da temperatura do ar é bastante semelhante ao apresentado pela irradiação solar (ORTOLANI; CAMARGO, 1987; PEREIRA et al., 2007). Esse padrão foi observado em 90% dos dias do ano por ANGELOCCI et al., 1979, sugerindo ser uma boa forma de estimativa. Entretanto, o padrão típico de variação diária da temperatura do ar pode ser alterado em função das condições macroclimáticas vigentes (PEREIRA et al., 2007).

Um dos fatores limitantes no cultivo de frutíferas de clima temperado é o acúmulo insuficiente de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de determinado valor, denominado de horas de frio (HF), para superação da dormência das gemas, em especial a fase da endodormência. Invernos com frio insuficiente para atender às exigências das plantas normalmente determinam anomalias fenológicas resultando na redução do rendimento e longevidade da planta.

A variável “Número de horas de frio” (NHF) pode ser computada diretamente dos termogramas, considerando $HF \leq 7,2^{\circ}\text{C}$ ou $HF \leq 13^{\circ}\text{C}$, sendo uma tarefa simples, porém trabalhosa, pois requer observações horárias ou equipamento de registro contínuo da temperatura (HELDWEIN et al., 1989; HELDWEIN et al., 2000).

Frente a este cenário, diversos autores recorreram a modelos matemáticos, para estimar NHF a partir das variáveis da temperatura do ar, procurando estabelecer um índice climático que esteja altamente correlacionado, com temperaturas abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$, para espécies mais exigentes em frio, ou de 13°C em cultivos de espécies menos exigentes em frio, simplificando em muito o cálculo do número de horas de frio (HELDWEIN et al., 1989).

Conforme observado por ANGELOCCI et al. (1979) o estabelecimento de equações de regressão somente é possível a partir do uso dos próprios registros, de modo que o problema é superado em parte. No entanto, segundo DAMÁRIO (1969), os modelos de regressão, propiciam estimativas essencialmente locais, podendo a sua aplicação estender-se somente a localidades com condições climáticas muito similares. Para HELDWEIN et al., (1989) a estimativa de HF diárias, os modelos de regressão não se mostraram adequados, pois a grande maioria destes foram desenvolvidos para períodos mais longos de tempo. Na estimativa $HF \leq 7,2^{\circ}\text{C}$ e $HF \leq 13^{\circ}\text{C}$, o modelo analítico forneceu as estimativas mais precisas.

Os Modelos analíticos são baseados no uso de equações trigonométricas, empregadas conforme a condição ambiental. Destacando-se o modelo analítico proposto por ANGELOCCI et al., (1979) baseado nas temperaturas extremas,

empregando a temperatura máxima do dia anterior (T_{M1}), a temperatura máxima do dia (T_{M2}), a temperatura mínima (T_m), e na temperatura das 21 horas do dia (T_{21}). Contudo para Santa Maria, RS, HELDWEIN et al., (1989) com o propósito de estimar as HF, promoveram pequenos ajustes nas equações do modelo analítico, proposto por ANGELOCCI, especialmente quanto aos horário de obtenção das temperaturas extremas.

Assim, esses autores propuseram como temperaturas extremas aquelas. Utilizando-se somente os valores extremos de temperatura (T_{M1} , T_{M2} e T_m) POLA; ANGELOCCI (1993), propuseram um modelo analítico de estimativa das horas de frio HF, no qual baseia na função senoidal da curva normal da temperatura, podendo estimar valores instantâneos de temperatura do ar, e detectar os momentos em que estes valores tornam-se eventualmente iguais à temperatura base. Em contrapartida foi testada uma adaptação da interpolação proposta por EBERT et al. (1986), adotando a substituição das temperaturas extremas, pelo valor da leitura registrado no horário de ocorrência, substituindo T_{M1} e T_{M2} por T_{15} ; e T_m por T_6 , mantendo o registro da T_{21} .

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de métodos de estimativa do acúmulo mensal de horas de frio na mesoregião de Pelotas.

2. METODOLOGIA

O estudo para o acúmulo mensal de horas de frio (HF) foi obtido a partir de dados da temperatura do ar registrados em termogramas e das medições realizadas em de termômetros, no período de 01 de maio até 31 de agosto dos anos de 1980 até 2010. Estes dados fazem parte do acervo da Estação Agroclimatológica de Pelotas, situada no município do Capão do Leão, RS ($31^{\circ}52'S$, $52^{\circ}21'W$, 13,24 m).

A obtenção das horas de frio a partir dos termogramas foi cotada utilizando os critérios adotados por HELDWEIN et al. (2000). A estimativa de HF dos modelos analíticos (ANGELOCCI et al., 1979), bem como a adaptação deste proposta por HELDWEIN et al., (1989), foram calculados considerando o uso de diferentes equações trigonométricas, inserindo os valores diários da temperatura do ar às 21 horas (T_{21}), da máxima no dia anterior (T_{M1}), e (T_{M2}) máxima do dia, temperatura mínima do dia (T_m), em relação à temperatura base (TB) de $7,2^{\circ}C$.

No modelo analítico baseado na função senoidal proposto por POLA; ANGELOCCI (1993), adotou-se as temperaturas máximas (T_{M1} e T_{M2}) às 15 horas e T_m as 7 horas, com o emprego de duas funções senoidais, representadas através da função seno de $1/4$ de período. Para isso, aplicou-se a primeira no intervalo de tempo entre as ocorrências de T_{M1} e de T_m e a segunda no intervalo de tempo entre as ocorrências de T_m e de T_{M2} .

Na metodologia proposta por EBERT et al. (1986) foram utilizadas as temperatura das 21 horas do dia anterior (T_{21a}) e do dia considerado (T_{21d}), das 15 horas (T_{15}) e das 6 horas (T_6), cotada do termograma. Procedendo a interpolação linear da temperatura, nos entre os horários de ocorrência (T_{21a} , T_m , T_x , e T_{21d}).

Foi realizada análise de regressão linear entre $HF \leq 7,2^{\circ}C$ acumulado mensalmente obtido em termograma e os modelos alternativos. Utilizando-se como critério de comparação os coeficientes 'a' e 'b' da equação b e o coeficiente de determinação (R^2). Nas figuras, foram traçadas a reta 1:1 para verificar visualmente a exatidão das estimativas.

Para avaliar estatisticamente o desempenho dos métodos de estimativa de HF, procurou-se correlacionar os valores estimados com os observados,

tomando-se como base os indicadores estatísticos propostos por CAMARGO; SENTELHAS (1997), definidos da seguinte forma: precisão – coeficiente de correlação “r”; exatidão – índice de Willmott “d” e de confiança ou desempenho “c”. O índice de desempenho (c), que representa o produto entre os índices de precisão (r) e de exatidão (d), foi utilizado para classificar a relação entre cada método com o método padrão, da seguinte forma: ótimo (“c” > 0,85); muito bom (0,75 < “c” ≤ 0,85); bom(0,65 < “c” ≤ 0,75); mediano (0,60 < “c” ≤ 0,65);sofrível (0,50 < “c” ≤ 0,60); mau (0,40 < “c” ≤ 0,50);e, péssimo (“c” ≤ 0,40).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visualiza-se, na Figura 1, a representação do acúmulo mensal de horas de frio (HF) observadas e HF estimadas por diferentes métodos: ANGELOCCI et al., 1979(Figura 1A),HELDWEIN et al., 1989(Figura 1B), EBERT et al., 1986 (Figura 1C) e POLA&ANGELOCCI, 1993 (Figura 1D), em relação ao observado do termógrafo.

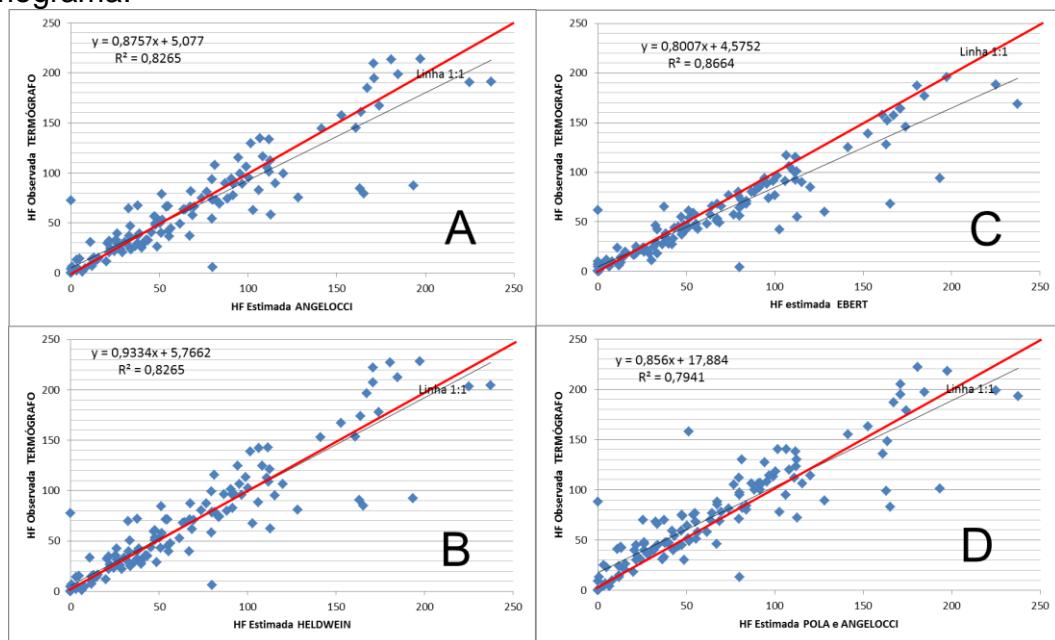


Figura 1. Horas de frio (HF) mensais observada em termógrafo e estimadas pelos métodos propostos por ANGELOCCI et al. (1979) (Figura 1A), HELDWEIN et al. (1989) (Figura 1B), EBERT et al. (1986) (Figura 1C) e POLA; ANGELOCCI (1993) (Figura 1D). Pelotas, 2015.

Pode-se observar pelas Figuras 1A e 1B que ambos os métodos de ANGELOCCI et al. (1979) e HELDWEIN et al.(1989), respectivamente, apresentam uma tendência para subestimar pequenos valores e para superestimar valores altos de HF. No entanto HELDWEIN et al., (1989), ajusta-se melhor que ANGELOCCI et al., (1979), na linha 1:1, devido as mudanças no intervalo de ocorrência da T_m . Na figura 1C, inferimos que EBERT et al. (1986) superestima os valores observados, pois ao adotar a $T_6 = T_m$ desconsidera que a T_m é uma medida extrema o que nem sempre é observada no horário.Na Figura 1D, que o método POLA; ANGELOCCI, (1993) apresenta sutil tendência à subestimar pequenos acúmulos e superestimar valores altos de HF .

No presente trabalho, uma série de análises de regressão linear, envolvendo o contraste entre os valores de R, índices “d” e “c”, inferiram no desempenho dos modelos analisados. ANGELOCCI et al., 1979, apresentou respectivamente r = 0,91, d = 0,95, c = 0,85; HELDWEIN et al., 1989, apresentou r

= 0,91, d = 0,95 e c = 0,87 ; EBERT et al., 1986, apresentou r = 0,93, d = 0,95 e c = 0,89. De acordo com CAMARGO;SENTELHAS (1997), os três primeiros são considerados Ótimos como estimadores, enquanto que o método proposto por POLA; ANGELOCCI (1993), por ter apresentado r = 0,89, d = 0,94 e c = 0,84, é classificado como Muito Bom, porém, como baseia-se somente no emprego das temperaturas extremas, é de fácil obtenção e aplicação.

4. CONCLUSÕES

Os métodos de EBERT et al. (1986), ANGELOCCI et al, (1979) e HELDWEIN et al., (1989), apresentam ótimo desempenho para estimar o acúmulo mensal de horas de frio de Pelotas. O método de POLA & ANGELOCCI, (1993), apresenta desempenho Muito Bom para estimar o acúmulo mensal de horas de frio .

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units modelsis Southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague. v. 184, p. 89-96, 1986.

HELDWEIN, A. B. et al. Avaliação de modelos de estimativa de horas de frio para Santa Maria, RS. **Rev. do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 19, n. 1-2, p. 45 - 92, 1989.

HELDWEIN, A.B., SCHNEIDER, F.M., BURIOL, G.A. et al. Disponibilidade de horas de frio na região central do Rio Grande do Sul: 1 – Ocorrência de valores acumulados para diferentes níveis de probabilidades. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.747-754, 2000.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. de. Influencia dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.R.C. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba, POTAFOS, 1987. p.71-82.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**(Edição Revista e Ampliada). ESALQ – Piracicaba, 2007. Acessado em 22 jul. 2015. Online. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf

POLA, A.C., ANGELOCCI, L.R. Avaliação de modelos de estimativa do número diário de horas de frio para o Estado de Santa Catarina. **Rev. Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.105-116,1993.