



## HORAS DE FRIO EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA REGIÃO SUL DO BRASIL

JOSÉ EDUARDO B. A. MONTEIRO<sup>1</sup>,  
ANDRÉ RODRIGO FARIAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agr., Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho - R. Livramento 515, 95700-000, Bento Gonçalves, RS, eduardo.monteiro@embrapa.br;  
<sup>2</sup> Geógrafo, Analista, EMBRAPA / CNPQ - R. Livramento 515, 95700-000, Bento Gonçalves, RS.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia  
02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes,  
Universidade Federal do Para, Belém, PA

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade média de horas de frio (HF<7,2°C) e sua distribuição espacial na Região Sul do Brasil no período 1961-90 e nos períodos futuros 2011-40 e 2041-70 com base nas projeções dos modelos ETA e PreciS. As estimativas de HF foram feitas a partir de relações empíricas previamente determinadas entre HF acumulada e as temperaturas mínimas do ar de maio a setembro e anual, para a região Sul do Brasil. As projeções futuras de temperatura foram geradas por dois sistemas de modelagem climática regionais, o PRECIS e o ETA-CPTEC. A espacialização dos dados de temperatura (res. 360m) foi realizada com base em equações de regressão das variáveis  $T_{min_{mai-set}}$  e  $T_{min_{anual}}$  como funções de latitude, longitude, altitude e distância do oceano, de cada estação meteorológica. Os resultados revelam uma redução potencial de até 85% nas áreas com acúmulo médio mínimo de 400 HF no período 2011-40 e de até 98% no período 2041-70. Muitas áreas onde atualmente se cultivam espécies com exigências em frio, passarão a apresentar acúmulo de HF insuficiente. Essa situação demandará o uso de cultivares menos exigentes em frio, quando disponíveis, ou migração para áreas de maior altitude.

**PALAVRAS CHAVE:** aquecimento global, modelo climático, fruticultura temperada

## CHILLING HOURS ON CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN SOUTHERN BRAZIL

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the average availability of chilling hours (CH<7.2°C) and its spatial distribution in southern Brazil in the period 1961-90 and in the future periods of 2011-40 and 2041-70 based on projections of ETA and PreciS models. Chilling hour's estimations were made with previously determined empirical relations between CH and minimum temperatures from May to September and annual, to the South of Brazil. Future projections of temperature were generated by two systems of regional climate modeling, the PRECIS and ETA-CPTEC. The spatial temperature data (res. 360m) were based on regression equations of the variables  $T_{min_{mai-set}}$  and  $T_{min_{annual}}$  as functions of latitude, longitude, altitude and distance from the ocean, for each weather station. The results indicate a potential reduction of up to 85% in areas with minimum average accumulation of 400 chilling hours in 2011-40 and to 98% in the period 2041-70. Many areas where chill exigent species are currently grown, will present insufficient CH. This situation will require





the use of cultivars with lower requirements in CH, when available, or migration to higher altitude areas.

**KEYWORDS:** global warming, climate model, horticulture

## INTRODUÇÃO

Muitas espécies de árvores frutíferas de origem subtropical e temperada apresentam necessidades mínimas de frio que precisam ser atendidas, a cada inverno, para garantir uma brotação adequada, floração uniforme e produtividade satisfatória no próximo ciclo (LUEDELING et al., 2009). As baixas temperaturas estacionais dessas regiões levaram muitas espécies ao desenvolvimento de estratégias adaptativas, como a dormência, que permite sua sobrevivência em temperaturas muito baixas (SAURE, 1985).

De acordo com dados do IBGE (2013), os estados do Sul do Brasil somam mais de 120 mil hectares de pomares cultivados com espécies frutíferas passíveis de entrar em dormência que, uma vez induzida, requer certo tempo de exposição ao frio para ser superada.

Um dos métodos mais utilizados para contabilizar o acúmulo de frio durante o período hibernar é o somatório de horas abaixo de 7,2°C, ou seja, horas de frio (HF) (HAWERROTH et al., 2010). Esta variável é fortemente reduzida pelo aumento médio das temperaturas de um dado local. Wrege et al. (2007), avaliando a disponibilidade de HF na Região Sul do Brasil, gerou mapas de HF para cenários considerando aumentos fixos de 1, 3 e 5,8°C em toda a região Sul. Atualmente, já existem estudos mais específicos utilizando modelos climáticos, que permitem projetar os aumentos de temperatura de cada mês do ano, para cada ano, em diversos pontos geográficos e em diferentes cenários IPCC.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade média de HF e sua distribuição espacial na Região Sul do Brasil com base nas projeções mensais dos modelos ETA e Precip, para os períodos de 2011-40 e 2041-70.

## MATERIAL E MÉTODOS

As estimativas de HF (<7,2°C) foram feitas com a equação gerada por WREGE et al. (2007) para a região Sul do Brasil, que relaciona HF acumulada às temperaturas mínimas do ar de maio a setembro e anual (Eq. 1).

$$HF = 1436,3 - (27,5 \times T_{\min_{\text{mai-set}}}) - (61,04 \times T_{\min_{\text{anual}}}) \quad (R^2 = 0,81) \quad (\text{Eq. 1})$$

As projeções futuras de temperatura utilizadas foram calculadas por dois sistemas integrados de modelagem climática regionais, o PRECIS ("Providing Regional Climates for Impacts Studies"), com as condições de contorno do modelo climático regional HadRM3P, e o ETA-CPTEC, contorno HadCM3, ambos parametrizados no Brasil pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (Cptec/Inpe).

Os dados dos modelos climáticos foram gerados com base no cenário A2 do IPCC Special Report on Emission Scenarios. Este é o cenário mais provável caso não haja mudanças no ritmo de crescimento das emissões atuais (Nakicenovic et al., 2000), o que vem se confirmando até o presente. Além disso, um cenário de baixas emissões resulta em menos





informações do ponto de vista dos impactos e adaptações necessárias (NARCCAP, 2013). Os dados de temperatura mínima mensal e anual para estimativas de HF foram calculados pela adição das diferenças obtidas (deltas) entre os valores gerados pelos modelos climáticos para o período 1961-90 e os períodos futuros 2011-40 e 2041-70, nas médias mensais das séries observadas de 43 estações meteorológicas distribuídas pela Região Sul. Para a espacialização dos dados de temperatura na região, foram geradas equações de regressão das variáveis  $T_{\min_{\text{mai-set}}}$  e  $T_{\min_{\text{anual}}}$  como funções de latitude, longitude, altitude e distância do oceano  $\leq 380\text{km}$ , de cada estação. A partir das equações, a espacialização de  $T_{\min_{\text{mai-set}}}$  e  $T_{\min_{\text{anual}}}$  foi realizada em uma resolução de 360m, utilizando os Modelos Digitais de Elevação dos Estados Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, obtidos a partir do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), em formato Geotiff e arquivo vetorial em formato shape. A partir daí, calculou-se a HF na mesma resolução, através da equação 1, para posterior edição dos mapas e análises espaciais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma análise dos dados espacializados, conforme ilustrado na Figura 1, revela as mudanças projetadas entre os períodos de 1961-90, 2011-40 e 2041-70.

As primeiras regiões a ter problemas com os efeitos do aquecimento são as que apresentam HF já próximo do limite mínimo requerido pelas espécies nessas áreas. Nesses casos, um pequeno aumento nas temperaturas pode resultar em acúmulo insuficiente de HF, podendo acarretar problemas de brotação, florescimento e produção.

O menor acúmulo de HF ocorre, em geral, nas áreas de menor altitude e se distribuem, principalmente, a partir da região central do Paraná ao seu Noroeste. Além dessas, destacam-se também as áreas do oeste do Rio Grande do Sul, central e entorno da Lagoa dos Patos, assim como quase todo o litoral Sul, todas as áreas com HF inferior a 200 horas.

Segundo Wrege et al. (2007), nos últimos 12 anos, tem sido observada redução do somatório das horas de frio ( $<7,2^{\circ}\text{C}$ ), com repercussões para a fruticultura de clima temperado. Uma análise preliminar na série de dados do Posto Meteorológico da Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS, ainda não revela uma tendência nítida de redução na soma de HF entre maio e setembro, embora seja constatado aumento das temperaturas mínimas nos mesmos meses. Entre 1961-1980, o acumulado médio foi de 349 horas/ano com uma  $T_{\min_{\text{mai-set}}}$  de  $9,5^{\circ}\text{C}$  e de 393 horas/ano com uma  $T_{\min_{\text{mai-set}}}$  de  $10,0^{\circ}\text{C}$  entre 1990-2010. Obviamente, trata-se de uma particularidade, passível de ocorrer em um período de transição pois, persistindo o aumento das temperaturas, como o verificado, a redução de HF é um resultado inevitável.

O total de áreas com 0,0 HF na Região Sul do Brasil ( $p>0,5$ ) passou de 20 mil  $\text{km}^2$  para 61 mil  $\text{km}^2$  em 11-40 e para 80 mil  $\text{km}^2$  em 41-70, de acordo com as projeções de temperatura do modelo PRECIS (Tabela 1). Já pelo modelo ETA, as previsões de aumento de temperatura e consequente diminuição no HF foram maiores, 88 mil  $\text{km}^2$  em 11-40 e 260 mil  $\text{km}^2$  em 41-70. Se considerarmos um mínimo de 400 horas, capaz de satisfazer as necessidades apenas das cultivares menos exigentes em frio de macieira, pessegueiro, ameixeira, quivi, e uva até das mais exigentes, o total de áreas reduz de 116 mil  $\text{km}^2$  em 1961-90 para 27 mil  $\text{km}^2$  em 11-40 e para 7 mil  $\text{km}^2$  em 41-70, de acordo com o modelo PRECIS. Já pelo modelo ETA, o total de áreas cai para 17 mil  $\text{km}^2$  em 11-40 e 2 mil  $\text{km}^2$  em 41-70 – este último, representa redução de mais de 98% no total de áreas com  $\text{HF} \geq 400$ . Estes resultados corroboram os de Campos





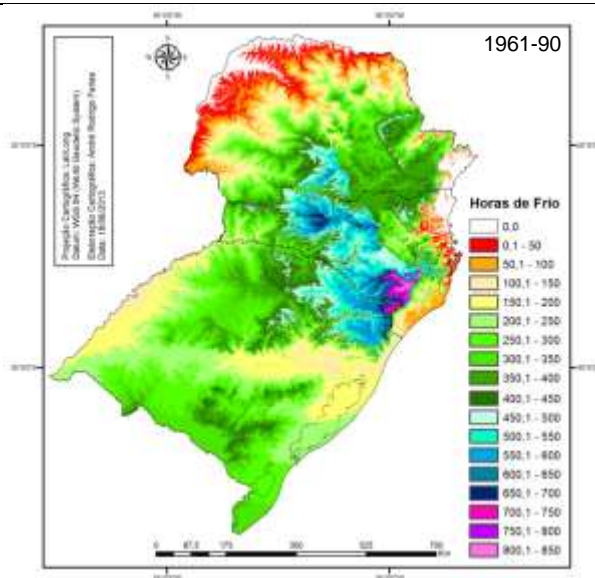
**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



(2010) que, avaliando padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar no Sul do Brasil, estimou uma redução de 79% a 94% nas áreas potenciais de plantio do pêssego e da nectarina de baixa exigência em frio em Santa Catarina. Em outro estudo, similar, mas feito para o estado da Califórnia, EUA, LUEDELING et al. (2009) reportou redução de 50-75% para meados do século 21 nas áreas com HF considerado seguro para produção das espécies atualmente cultivadas naquela região.

Tabela 1. Totais de área por classe de disponibilidade de HF na Região Sul do Brasil, no período 1961-90 e para as projeções dos modelos PRECIS e ETA nos períodos 2011-40 e 2041-70, cenário IPCC A2.

Classe de HF	1961-90		Precis 2011-40		Precis 2041-70		ETA 2011-40		ETA 2041-70	
	(mil km <sup>2</sup> )	(%)	(mil km <sup>2</sup> )	(%)	(mil km <sup>2</sup> )	(%)	(mil km <sup>2</sup> )	(%)	(mil km <sup>2</sup> )	(%)
0	20	3%	61	11%	80	14%	88	15%	260	45%
0,1 - 200	149	26%	269	47%	366	64%	319	55%	266	46%
200,1 - 400	292	51%	219	38%	123	21%	153	26%	47	8%
400,1 - 600	101	18%	26	5%	7	1%	17	3%	2,4	0,4%
600,1 - 800	14	2%	1,0	0,2%	0	0%	0,6	0,1%	0	0%
800,1 - 1000	0,9	0,2%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%



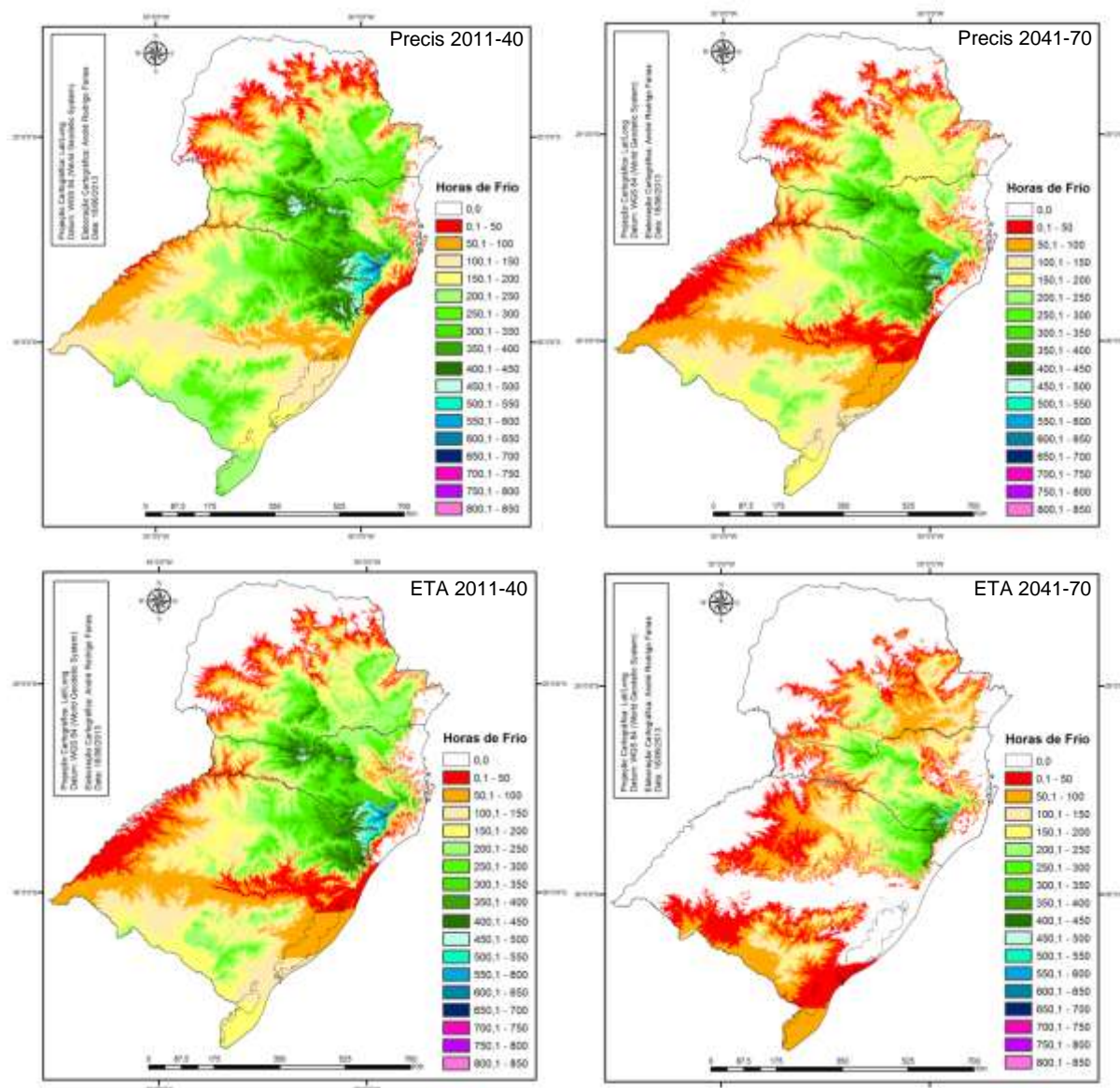


Figura 1. Distribuição espacial e disponibilidade de HF estimada no período 1961-90 e para as projeções dos modelos PRECIS e ETA nos períodos 2011-40 e 2041-70, cenário IPCC A2.

## CONCLUSÕES

Ambos os modelos indicam, de forma consistente, redução de áreas com valores mínimos no somatório de horas de frio, com mudanças maiores projetadas pelo modelo ETA do que pelo PRECIS. Isso implica no agravamento de condições climáticas desfavoráveis para as culturas frutíferas de clima temperado, atualmente cultivadas no Sul do Brasil. As cadeias produtivas da uva, maçã, pêssego, quivi, entre outras, que dependem a ocorrência de um período invernal frio, provavelmente precisarão desenvolver medidas de adaptação agrícolas como, por exemplo, uso de variedades de baixa necessidade em frio e uso de produtos químicos para quebra de dormência, para lidar com essas mudanças projetadas. Para algumas culturas, a



produção pode não ser mais possível.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CAMPOS, C.G.C. Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na Região Sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina. **Tese** (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. 165 p.

HAWERROTH, F.J.; HERTER, F.G.; PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; PEREIRA, J.F.M. **Dormência em frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.– Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Banco de dados agregados: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26/06/2013.

LUEDELING, E.; ZHANG, M.; GIRVETZ, E.H. Climatic Changes Lead to Declining Winter Chill for Fruit and Nut Trees in California during 1950–2099. **Plos ONE**, v.4, n.7, 2009.

NAKICENOVIC, N., ALCAMO, J., DAVIS, G., DE VRIES, B., FENHANN, J., GAFFIN, S., GREGORY, K., GRÜBLER, A. et al., **Special Report on Emissions Scenarios, Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, Cambridge University Press, Cambridge, 595 p., 2000.

North American Regional Climate Change Assessment Program (NARCCAP). The A2 Emissions Scenario. Disponível em: <<http://www.narccap.ucar.edu/about/emissions.html>>. Acesso em: 26/06/2013.

SAURE, M. C. Dormancy release in deciduous fruit trees. **Horticultural Reviews**. Westport, v. 7, p. 239-299, 1985.

WREGE, M.S.; HERTER, F.G.; STEINMETZ, S. et al. Influência do aquecimento global sobre a fruticultura de clima temperado na região sul do Brasil diante de alguns Cenários de mudanças climáticas. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Aracaju, SE. 2007.

