

# Impacto das mudanças climáticas nas horas de frio, graus-dias e amplitude térmica do ar para a videira (*Vitis vinifera* L.) Var. Cabernet sauvignon, no Estado de Santa Catarina

The impacts of climate change on chilling hours, degree-days and air thermal amplitude for grapevine crop (*Vitis vinifera* L.) Var. Cabernet sauvignon in the State of Santa Catarina, Brazil

Cristina Pandolfo<sup>1</sup>, Angelo Mendes Massignam<sup>2</sup>, Aparecido Lima da Silva<sup>3</sup>, Luiz Albano Hammes<sup>4</sup>, Emilio Brighenti<sup>5</sup>, Valdir Bonin<sup>6</sup>

**Resumo:** Em Santa Catarina, estudos têm registrado mudanças climáticas ao longo dos últimos anos. Entretanto, poucos trabalhos têm avaliado os impactos dessas mudanças climáticas na videira (*Vitis vinifera* L.). O objetivo deste trabalho foi estudar os impactos das mudanças climáticas nos índices agrometeorológicos (horas de frio  $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ , graus-dias e amplitude térmica) para a videira (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon no Estado de Santa Catarina para os anos de 2050 e 2070. Três cenários foram elaborados: cenário atual, cenário 2050 e cenário 2070. Para a geração dos cenários 2050 e 2070, foram utilizadas as saídas do sistema integrado de modelagem climática regional PRECIS (“Providing Regional Climates for Impacts Studies”). Os cenários de mudanças climáticas para 2050 e 2070 mostraram que o cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon, no Estado de Santa Catarina, serão impactados pela redução das horas de frio, pela antecipação e redução da duração da fase de maturação à colheita, e pela tendência de diminuição de sólidos solúveis totais na uva, o que influencia a qualidade dos vinhos.

**Palavras-chave:** *Vitis vinifera* L., Santa Catarina, PRECIS, índices agrometeorológicos, mudanças climáticas.

**Abstract:** In Santa Catarina state, studies have shown a strong increase of air temperature over the years. However, there are few studies that have evaluated the effect of climate change on grapevine crop (*Vitis vinifera* L.), although viticulture is an important economic and social activity for Santa Catarina. The objective of this paper was to study the impacts of climate change on agrometeorological indexes (chilling hours  $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ , degree-days and thermal amplitude) for grapevine crop (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon in the State of Santa Catarina for the years 2050 and 2070. Three sceneries were elaborated: the current one, one for 2050, and one for 2070. The output of integrated systems of regional climate modeling PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) was used to generate the sceneries of 2050 and 2070. The climate change sceneries for 2050 and 2070 showed that the cultivation of grape (*Vitis vinifera* L.) in the State of Santa Catarina will be impacted by the reduction of chilling hours  $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ , anticipating and reducing the length of the maturity phase at harvest, and a decreasing tendency of total soluble solids in the fruit, which will impact the quality of wines.

**Key words:** *Vitis vinifera* L., Santa Catarina, PRECIS model, agrometeorological indexes, climate change.

<sup>1</sup>Eng. Agr. M.Sc. Agrometeorologia. Epagri. Florianópolis/SC. E-mail: cristina@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup>Eng. Agr. PhD. Fisiologia Vegetal. Epagri. Florianópolis/SC. E-mail: massignam@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup>Eng. Agr. PhD. Fitotecnia. UFSC. Florianópolis/SC. E-mail: alsilva@cca.ufsc.br

<sup>4</sup>Eng. Agr. Agroconsult Ltda.. Florianópolis/SC. E-mail: luizhammes@gmail.com

<sup>5</sup>Eng. Agr. M.Sc. Fruticultura de Clima Temperado. Epagri. São Joaquim/SC. E-mail: brighenti@epagri.sc.gov.br

<sup>6</sup>Eng. Agr. M.Sc. Fitotecnia. Epagri. São Joaquim/SC. E-mail: bonin@epagri.sc.gov.br

## Introdução

Pesquisas sobre mudanças climáticas são de grande importância não só na atualidade da comunidade acadêmica, visto que vários estudos apontam para um aquecimento do globo (IPCC, 2007). Em Santa Catarina, estudos mostraram um forte aquecimento da temperatura do ar ao longo dos anos, com destaque para a década de 90 (CAMARGO et al., 2006). Como consequência, a probabilidade de ocorrência de geada, o número de horas de frio, os graus-dias e a amplitude térmica devem também apresentar uma mudança na sua tendência. Alguns estudos têm apresentado os impactos das mudanças climáticas para as culturas da bananeira, da macieira (PANDOLFO et al., 2007a) e do feijão (PANDOLFO et al., 2007b).

A viticultura é uma importante atividade econômico-social para Santa Catarina (Síntese..., 2009) e, nos últimos anos, o Estado tem investido em tecnologia moderna nos vinhedos e nas vinícolas, visando à melhoria da qualidade e da quantidade dos vinhos (TAGLIARI, 2003). Entretanto, existem poucos estudos que avaliam o efeito das mudanças climáticas na videira (*Vitis vinifera* L.), para garantia do retorno dos investimentos atuais.

Nos Estados Unidos, as pesquisas indicam que, em média, haverá aumento de 1,7°C nos próximos 50 anos, dependendo da grandeza das mudanças de clima e se elas se apresentarem sazonalmente no futuro. Estratégias diferentes devem ser tomadas pela indústria do vinho, incluindo deslocamento potencial na viabilidade da variedade regional, e melhoramento genético para possibilitar o cultivo de variedades adaptadas a regiões de temperaturas mais brandas (JONES, 2006).

Segundo Tonietto e Mandelli (2003), a maior atividade fotossintética da videira é obtida na faixa de temperaturas que vão de 20°C a 25°C, e temperaturas a partir de 35°C são excessivas. O regime térmico no período da maturação da uva é uma das principais variáveis na coloração da baga e na riqueza de aromas, de antocianinas e de polifenóis do vinho. A coloração da uva é atribuível à acumulação da antocianina na epiderme, que é inibida por altas temperaturas da noite (KENTARO et al. 2005), mas tende a ser favorável em noites frias, e inferior em condições de noites mais quentes (WINKLER et al., 1974). Portanto, o aumento das temperaturas devido às mudanças climáticas poderá

ter um impacto na qualidade dos vinhos em Santa Catarina.

Na vitivinicultura, os índices agrometeorológicos (horas de frio, graus-dias e amplitude térmica, entre outros) são utilizados para: elaboração do zoneamento agroclimático (THOMÉ, 1999; WESTPHALEN & MALUF, 2000), definição de variedades para determinada região (JONES, 2006), e identificação de regiões climáticas (TONIETTO & CARBONNEAU, 2004). Entretanto, em função da tecnologia atualmente disponível, esse fator torna-se menos importante, pois produtos para quebra de dormência são hoje largamente utilizados no Estado de Santa Catarina (THOMÉ, 1999).

O conceito de graus-dias assume que existe uma temperatura-base abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se o fizer é em escala muito reduzida. Pressupõe, também, uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal. Os graus-dias (GD) são utilizados para estimar a duração, em dias, das fases fenológicas da videira. Em São Joaquim, SC, Martins (2006), ao avaliar fenologia e graus-dias para Cabernet Sauvignon, encontrou um acúmulo de 967 GD entre a fase pintor e a colheita.

A amplitude térmica é um fator importante na fisiologia vegetal; ela influencia o equilíbrio fotossintético/respiratório da planta e, conseqüentemente, o acúmulo energético, estando diretamente relacionada na biossíntese de compostos fenólicos (GONZÁLEZ et al., 2007). Uma amplitude térmica diária de 10°C seria ótima para a videira (THOMÉ et al., 1999).

Estimar o impacto das mudanças climáticas na videira (*Vitis vinifera* L.) é uma importante estratégia para Santa Catarina, pois será possível desenvolver estratégias de mitigação, dar diretrizes para os programas de melhoramento e dimensionar os futuros investimentos na área agrícola. O objetivo deste trabalho foi estudar os impactos das mudanças climáticas nos índices agrometeorológicos (horas de frio, graus-dias e amplitude térmica) para a videira (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon, no Estado de Santa Catarina, para os anos de 2050 e 2070.

## Material e Métodos

Foram gerados três cenários para variedades de *Vitis vinifera* L., no Estado de Santa Catarina: o cenário atual, cenário 2050 e cenário 2070. No cenário

atual, foram utilizados dados meteorológicos históricos observados ou estimados através de equações baseadas nas coordenadas geográficas de Santa Catarina. Além disso, o número de horas de frio abaixo de 7,2°C foi estimado usando-se as equações baseadas nas coordenadas geográficas publicadas por Massignam et al. (2006). Os graus-dias foram calculados pelo método proposto por Ometto (1981), com basal de 10°C. A amplitude térmica média para os meses de fevereiro a abril, fase da maturação à colheita, foi obtida pela diferença entre temperaturas máximas e mínimas. As temperaturas máximas, mínimas e médias utilizadas nos cálculos de graus-dias e amplitude térmica do ar foram estimadas pelas equações, em função das coordenadas geográficas e da altitude do Estado de Santa Catarina (MASSIGNAM e PANDOLFO, 2006).

Para a geração dos cenários 2050 e 2070, foram utilizadas as saídas do sistema integrado de modelagem climática regional PRECIS (“Providing Regional Climates for Impacts Studies”), desenvolvido no Hadley Centre, Inglaterra, com as condições de contorno do modelo climático regional HadRM3P, implementado no Brasil pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (JOHNS et al., 2003). Foram adotadas implicações climáticas projetadas regionalmente pelo modelo PRECIS para o cenário B2 (otimista), utilizando a temperatura do ar (média, máxima e mínima), de acordo com a classificação de Nakicenovic et al. (2010). A resolução horizontal é de 50km, com projeções feitas com base em decendial e mensal.

As horas de frio  $\leq 7,2^\circ\text{C}$  acumuladas para o período de abril a setembro, para os cenários 2050 e 2070, foram estimadas em função das temperaturas mínimas provenientes do PRECIS através da equação publicada por Massignam et al. (2006). Os graus-dias e a amplitude térmica foram calculados utilizando-se as anomalias de temperaturas ( $^\circ\text{C}$ ) mínimas, médias e máximas provenientes do PRECIS, para os anos de 1961 a 1990, 2050 e 2070, e aplicados sobre as equações de estimativa de temperaturas em função das coordenadas geográficas e da altitude do Estado de Santa Catarina (MASSIGNAM e PANDOLFO, 2006), utilizando temperatura basal de 10°C.

Os graus-dias e a amplitude térmica do ar, nos três cenários, foram calculados no período que vai do início da maturação fisiológica até a colheita. Os dados do início da maturação fisiológica até a colheita foram

coletados pelas Estações Experimentais da Epagri de Campos Novos e de São Joaquim, pela Villa Francioni (SILVA et al., 2009) e pela Villaggio Grando. Os teores de Sólidos Solúveis Totais (SST) em °Brix foram avaliados no momento da colheita, com o uso de um refratômetro portátil, e foram utilizados os valores médios publicados para os seguintes locais e safras: Água Doce (2005/2006; 2006/2007; 2007/2008); Bom Retiro (2005/2006; 2006/2007); Campos Novos (2006/2007; 2007/2008; 2008/2009); São Joaquim (2005/2006; 2006/2007; 2007/2008; 2008/2009).

**Tabela 1.** Locais de estudo, safras, início da fase de maturação da videira (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon e fonte.

Local	Safra	Data de início da fase de maturação	Fonte
Água Doce	2005/2006	11/02/2006	Villaggio Grando
Água Doce	2006/2007	05/02/2007	Villaggio Grando
Água Doce	2007/2008	11/02/2008	Villaggio Grando
Bom Retiro	2005/2006	17/02/2006	SILVA et al. (2009)
Bom Retiro	2006/2007	23/01/2007	SILVA et al. (2009)
Campos Novos	2006/2007	09/01/2007	Epagri/EECN <sup>1</sup>
São Joaquim	2005/2006	22/02/2006	Epagri/EESJ <sup>2</sup>
São Joaquim	2006/2007	31/01/2007	Epagri/EESJ
São Joaquim	2007/2008	03/02/2008	Epagri/EESJ

<sup>1</sup>Estação Experimental de Campos Novos.

<sup>2</sup>Estação Experimental de São Joaquim.

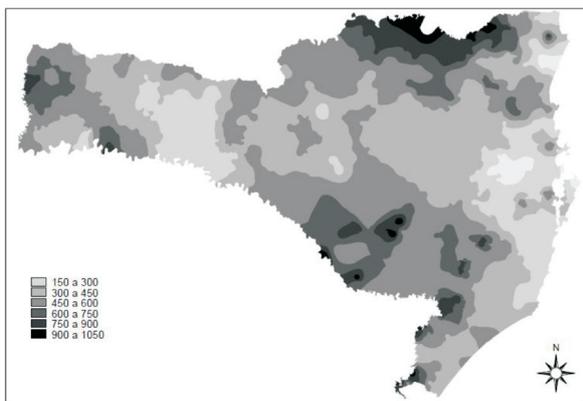
Foi utilizando o software ILWIS 3.2 Academic, para a espacialização dos cenários dos índices agrometeorológicos para os anos de 2050 e 2070 e para a extração das informações dos índices para os locais de estudo. Os valores das projeções do PRECIS (base de 50km) foram interpolados utilizando-se o método da média móvel, com uma resolução digital de 100 metros. Os mapas interpolados foram cruzados com o mapa de pontos do zoneamento e também com o mapa de pontos das regiões em estudo, para se obterem os valores das projeções para esses locais.

### Resultados e discussão

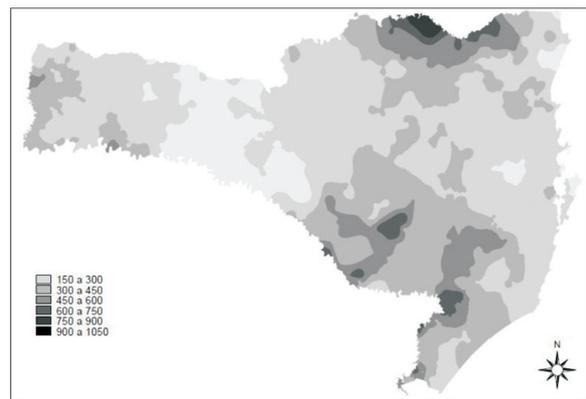
Os resultados estimados demonstram que, em quase todo o Estado de Santa Catarina, poderá ocorrer redução no número de horas de frio abaixo de 7,2°C (de abril a setembro) de até 500 horas, para os cenários 2050 e 2070 (Figuras 1, 2 e 3).

As maiores reduções serão observadas no Extremo Oeste, no Norte Catarinense, nas regiões próximas à divisa com o Estado do Paraná, na região serrana e nas áreas mais altas do Vale do Rio do Peixe. Nestas duas últimas regiões, estão concentradas as áreas plantadas com variedades de *Vitis vinifera* L. Em contraste, uma pequena área próxima ao litoral catarinense e o Vale do Itajaí terão um aumento no número de horas de frio de até 100 horas.

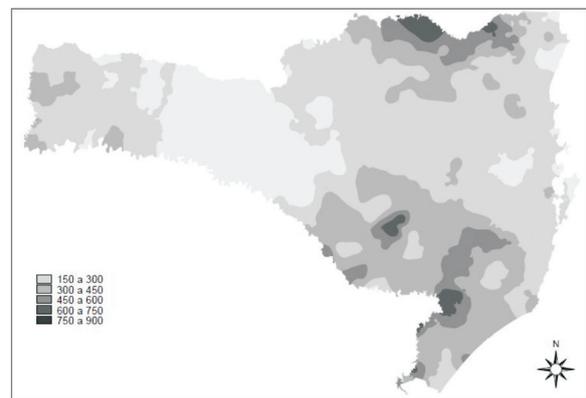
A redução no número de horas de frio poderá ocasionar problemas como quebra da dormência, brotação desuniforme e retardamento do início do amadurecimento, pelo deslocamento das fases subsequentes à brotação, provocando consequentemente, menor qualidade dos frutos produzidos. Além disso, a redução no número de horas de frio nos cenários 2050 e 2070 terá grande impacto no zoneamento agroclimático, pois, segundo Westphalen & Maluf (2000), o limite mínimo de 600h é necessário para manter o nível de produtividade adequado, um ciclo longo de vida econômica, em função da própria distribuição de vinhedos na região. Abaixo desse valor, as limitações tendem a se agravar, com reflexos no rendimento e na duração do período de exploração econômica do vinhedo. Nos cenários 2050 e 2070, ocorreu uma redução forte da área com tempo de frio menor que 600 horas.



**Figura 1.** Total anual de horas de frio abaixo de 7,2°C (abril a setembro), para o Estado de Santa Catarina, no cenário atual.



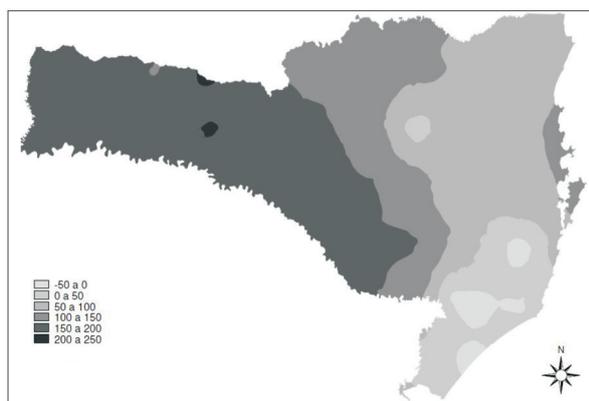
**Figura 2.** Total anual de horas de frio abaixo de 7,2°C (abril a setembro), para o Estado de Santa Catarina, no cenário 2050.



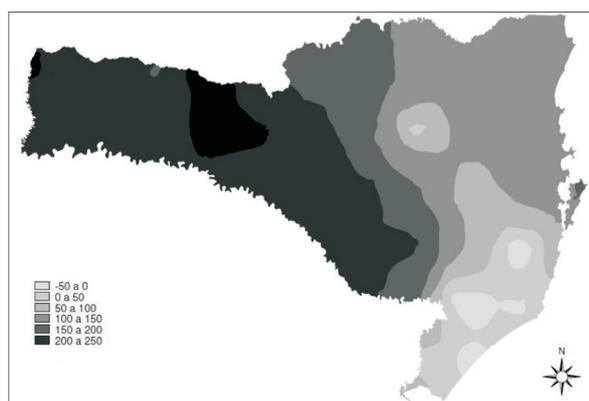
**Figura 3.** Total anual de horas de frio abaixo de 7,2°C (abril a setembro), para o Estado de Santa Catarina, no cenário 2070.

Com relação aos graus-dias (GD), de forma geral, ocorreu um aumento do total dos graus-dias no período de fevereiro a abril, para o Estado de Santa Catarina, para os cenários 2050 (Figura 4) e 2070 (Figura 5). Uma pequena área no sul do Estado apresenta um pequeno aumento do total de graus-dia. Portanto, o ciclo da cultura tenderá a diminuir e, com isso, ocorrerá uma redução no total de radiação recebida no período entre a maturação e a colheita. Como consequência, poderá haver impacto na qualidade da uva e do vinho. Nos locais onde se obtiveram os dados da fenologia (Tabela 1), ocorrerá uma redução média no número de dias da fase fenológica de maturação até a colheita em torno de 22,2% e 29,6%, para os cenários 2050 e 2070, respectivamente (dados não apresentados). Bindi et al. (1996) e Jones et al. (2000) também obtiveram redução no ciclo da videira trabalhando com modelos de simulação na Itália e nos Estados Unidos.

No cenário 2050 (Figura 6), observou-se que, em grande parte da área do Estado, se reduzirá a amplitude térmica. Entretanto, em uma pequena área no litoral sul do Estado poderá ocorrer aumento da amplitude térmica. No cenário 2070 (Figura 7), observou-se uma ampliação da área do Estado que apresentará uma redução da amplitude térmica, conforme observado no cenário 2050 (Figura 6). No litoral sul do Estado, ocorrerá aumento da área que tem um aumento da amplitude térmica e do valor da anomalia da amplitude térmica em relação ao cenário 2050.



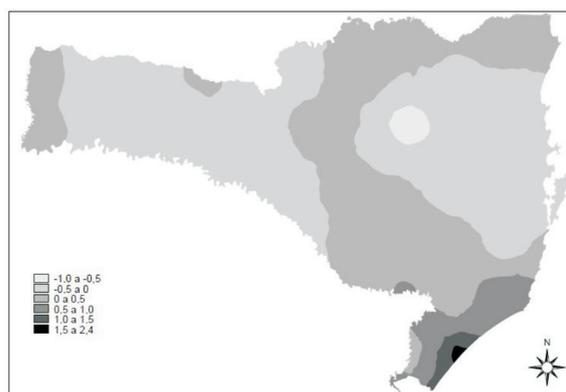
**Figura 4.** Anomalias médias do total dos graus-dias, no período de fevereiro a abril, para o Estado de Santa Catarina, no cenário 2050. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário 2050 e os valores do cenário atual.



**Figura 5.** Anomalias médias do total dos graus-dias, no período de fevereiro a abril, para o Estado de Santa Catarina, no cenário 2070. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário 2070 e os valores do cenário atual.

É possível observar que ocorreu um aumento da variabilidade da amplitude térmica no Estado, com os diferentes cenários. O valor mínimo e o máximo da média da amplitude térmica dos meses de fevereiro a abril (período que corresponde à fase de maturação

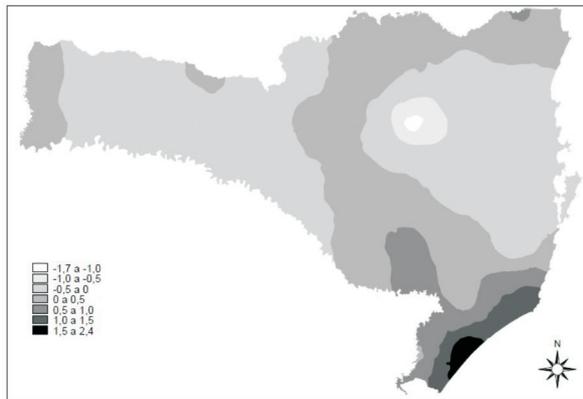
até a colheita, para variedades de *Vitis vinifera* L., no Estado de Santa Catarina) foram de 8,7 a 11,5 para o cenário atual, de 8,4 a 12,1 para o cenário 2050, e de 8,1 a 12,4 para o cenário 2070. Portanto, as projeções das temperaturas do modelo PRECIS apontam para uma redução da amplitude térmica, em termos médios, para o Estado, com um aumento da variabilidade, isto é, algumas regiões vão aumentar a amplitude e outras vão diminuir. Conseqüentemente, o regime da radiação também vai mudar, pois a radiação solar tem uma relação direta com a amplitude, em função da amplitude térmica. Massignam (2007) testou três modelos (Richardson, Hargreaves e Bristow-Campbell) para a estimativa da radiação solar diária em função da amplitude térmica e concluiu que esses modelos são ferramentas adequadas para estimar a radiação em Santa Catarina.



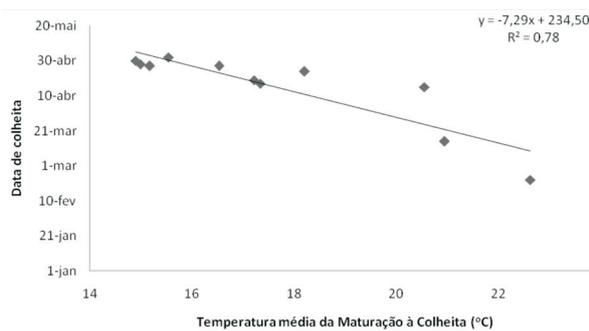
**Figura 6.** Anomalias médias de amplitude térmica no período de fevereiro a abril, para o Estado de Santa Catarina, para o cenário 2050. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário considerado e os valores do cenário atual.

Os dados de fenologia observados em diferentes locais e safra (Figura 8) mostram uma relação significativa entre temperatura média da fase maturação à colheita e a data de colheita, isto é, quanto mais quente o local ou safra, a data da colheita foi antecipada. Essa antecipação foi, provavelmente, devido ao fato de que locais ou safras mais quentes tiveram maior acúmulo de graus-dias, o que faz que se antecipe o ciclo da cultura. Os cenários 2050 e 2070 apontaram uma tendência de aumento da temperatura média praticamente em todo o Estado de Santa Catarina; conseqüentemente, espera-se uma antecipação da data de colheita. Resultados semelhantes de antecipação da data de colheita já foram observados em Bordeaux (França), por Jones et al. (2000), que mostraram um efeito significativo da

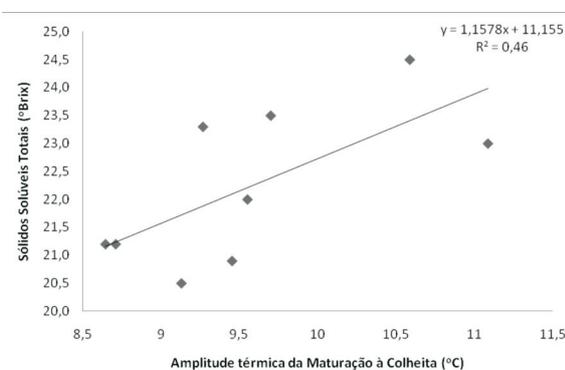
antecipação da data de colheita no período de 1952 a 1997, para a cultura da videira, variedades Cabernet Sauvignon e Merlot.



**Figura 7.** Anomalias médias de amplitude térmica no período de fevereiro a abril, para o Estado de Santa Catarina, para o cenário 2070. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário considerado e os valores do cenário atual.



**Figura 8.** Relação entre as datas de colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon e as temperaturas médias observadas durante a fase de início da maturação até a colheita, para diferentes locais observados, no Estado de Santa Catarina.



**Figura 9.** Relação entre os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) na colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon e a amplitude térmica média (°C) na fase de maturação até a colheita, para locais observados, no Estado de Santa Catarina

Houve uma relação diretamente proporcional entre a amplitude térmica e os sólidos solúveis totais na colheita da Cabernet Sauvignon (Figura 9). Com o aumento da amplitude térmica, os sólidos solúveis totais (°Brix) também aumentaram. Quando essa informação é analisada conjuntamente com a distribuição espacial das anomalias para a amplitude térmica, nos cenários 2050 e 2070 (Figuras 6 e 7), verifica-se que, no Estado de Santa Catarina, houve uma tendência de diminuição da amplitude térmica, o que poderá implicar uma redução de sólidos solúveis totais nas uvas, influenciando, assim, a qualidade dos vinhos gerados. Entretanto, algumas regiões (São Joaquim e Bom Jardim da Serra), no cenário 2070, terão aumento das amplitudes térmicas, o que poderá significar um aumento do potencial de qualidade do vinho.

Os impactos das mudanças climáticas poderão ser consideráveis para a produção de uva e vinho de qualidade, em Santa Catarina. Entretanto, maiores estudos dos efeitos das mudanças climáticas sobre fisiologia, desenvolvimento e rendimento da videira (*Vitis vinifera* L.) devem ser realizados no Estado. Bindi et al. (1996), em estudos do efeito do aumento do CO<sub>2</sub> e das temperaturas no desenvolvimento e no rendimento em duas variedades de videira (Sangiovese e Cabernet Sauvignon), não conseguiram obter uma resposta conclusiva da compensação do potencial negativo do efeito das altas temperaturas previstas pelos cenários das mudanças climáticas ao aumento dos teores de CO<sub>2</sub>. Esse estudo indicou um aumento da variabilidade da produção e da qualidade do vinho, evidenciando alto risco para a produção de vinho.

As previsões analisadas aqui e seus efeitos negativos na viticultura de Santa Catarina podem ter no melhoramento genético e em práticas agrícolas sustentáveis as soluções possíveis, principalmente no tocante à prospecção de genes que conferem tolerância às altas temperaturas e à menor exigência em horas de frio hibernal, para eliminação da dormência das variedades de *Vitis vinifera* L. Nesse sentido, a resposta aos problemas climáticos pode estar no cruzamento para a obtenção de novas variedades ou na troca de recursos genéticos adaptados a regiões de clima mais quente. Portanto, o Estado necessita da criação de banco de germoplasmas com variedades tolerantes e resistentes, da criação de um programa de cruzamentos para transferência de genes, de testes de novos genótipos obtidos de cruzamentos e da introdução de novas variedades de regiões de clima mais quente.

Entretanto, deve-se levar em consideração que as mudanças climáticas podem ter efeitos mais rápidos que o melhoramento vegetal, especialmente em se tratando de espécie perene, que necessita de longo tempo para a obtenção de uma variedade apta e de qualidade.

### Conclusões

As mudanças climáticas projetadas regionalmente pelo modelo PRECIS, para o cenário B2, isto é, um cenário otimista para 2050 e 2070, para o Estado de Santa Catarina, mostraram redução nas horas de frio e aumento dos graus-dias, o que causará antecipação e redução da duração da fase de maturação até a colheita, além de diminuição da amplitude térmica. Isso mostra uma tendência de diminuição de sólidos solúveis totais na uva e na qualidade dos vinhos da videira (*Vitis vinifera* L.) var. Cabernet Sauvignon, para o Estado de Santa Catarina.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE CCST), em especial ao Dr. José Antônio Marengo, pelo fornecimento dos dados do Modelo Climático Regional.

### Referências bibliográficas

BINDI, M.; FIBBI, L.; GOZZINI, S.; ORLANDINI, S.; MIGLIETTA, F. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. **Climate Research**, Ameltinghausen, v. 7, n. 3, p. 213-224, 1996.

CAMARGO, C. G. C.; BRAGA, H.; ALVES, R. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.19, n. 3, p. 31-35, 2006.

GONZÁLEZ-NEVES, G.; FRANCO, J.; BARREIRO, L.; GIL, G.; MOUTOUNET, M.; CARBONNEAU, A. Varietal differentiation of Tannat, Cabernet Sauvignon and Merlot grapes and wines according to their anthocyanic composition. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 225, n. 1, p.111-117, 2007.

JOHNS, T. C.; GREGORY, J. M.; INGRAM, W. J.; JONNHSON, C. E.; JONES, A.; LOWE, A.; MITCHELL, J. F. B.; ROBERTS, D. L.; SEXTON, D. M. H.; STEVESON, D. S.; TETT, S. F. B.; WOODAGE, M. J. Anthropogenic climate change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios. **Climate Dynamics**, Heidelberg, v. 20, n. 6, p. 583-612, 2003.

JONES, G. V.; DAVIS, R. E.; Climate Influences on Grapevine Phenology, Grape Composition, and Wine Production and Quality for Bordeaux, France. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.51, n. 3, p. 249-261, 2000.

JONES, G. Climate change and wine: Observations, impacts and future implications. **Wine Industry Journal**, Brodview, v. 21, n. 4, p. 21-26, 2006.

KENTARO, M.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 105, n. 3-4, p. 319-330, 2005.

MARTINS, L. **Comportamento vitícola e enológico das variedades Chardonnay, Pinot Noir e Cabernet Sauvignon, na localidade Lomba Seca, em São Joaquim (SC)**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MASSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C. **Estimativa das médias das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar decendiais e anuais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2006. 24 p. (Epagri. Documentos, 225).

MASSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C.; HAMMES, L. A.; PEREIRA, E. S. Probabilidade de ocorrência do total anual de horas frio ( $HF \leq 7,2^\circ\text{C}$ ) em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 14, n. 3, p. 301-308, 2006.

MASSIGNAM, A. M. Estimativa da radiação solar em função da amplitude térmica In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. CD-ROM.

- NAKICENOVIC, N.; ALCAMO, J.; DAVIS, G.; DE VRIES, B.; FENHANN, J.; GAFFIN, S.; GREGORY, K.; GR, A.; JUNG, T. Y.; KRAM, T.; LA ROVERE, E. L.; MICHAELIS, L.; MORI, S.; MORITA, T.; PEPPER, W.; PITCHER, H.; PRICE, L.; RIAHI, K.; ROEHRL, A.; ROGNER, H.H.; SANKOVSKI, A.; SCHLESINGER, M.; SHUKLA, P.; SMITH, S.; SWART, R.; VAN ROOIJEN, S.; VICTOR, N.; DADI, Z. **Special report on emission scenarios**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>.> Acesso em: 3 abr. 2010.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440 p.
- PANDOLFO, C.; HAMMES, L. A.; CAMARGO, C.; MASSIGNAM, A. M.; PINTO, E. S.; LIMA, M. Estimativas dos impactos das mudanças climáticas nos zoneamentos da cultura da banana e da maçã no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 36-40, 2007a.
- PANDOLFO, C.; HAMMES, L. A.; CAMARGO, C.; MASSIGNAM, A. M.; PINTO, E. S. P.; LIMA, M. de; MILANEZ, J. M. Estimativas dos impactos das mudanças climáticas no zoneamento da cultura do feijão no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 3, p. 39-42, 2007b.
- KISHINO, A.; CARVALHO, S. L. C.; ROBERTO, S. R. **Viticultura Tropical**. Londrina: IAPAR, 2007. 366 p.
- SILVA, A. L.; BORGHEZAN, M.; VIEIRA, H. J. Comportamento fisiológico da videira (*Vitis vinifera*) “Cabernet Sauvignon” no planalto catarinense, com destaque ao *terroir* de São Joaquim-SC., na região de São Joaquim, SC. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 8., 2008, São Joaquim. **Resumos...** São Joaquim: Epagri, 2008. p. 71-80.
- SÍNTESE Anual da Agricultura de Santa Catarina 2008-2009. Florianópolis: Epagri, 2009. 311 p.
- THOMÉ, V. M. R.; ZAMPIERI, S.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C., SILVA JÚNIOR, V. P.; BACIC, I. Z.; LAUS NETO, J. A.; SOLDATELI, D.; GEBLER, E. F.; DALLE ORE, J. de A.; ECHEVERRIA, L. C. R.; RAMOS, M. G.; CAVALHEIRO, C. N. R.; DEEKE, M.; MATTOS, J. F de; SUSKI, P. P. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999. CD-ROM.
- TAGLIARI, P. S. Potencial para produção de vinhos finos nas regiões mais altas de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.16, n. 2, p. 26-32, 2003.
- TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam, v.124, n.1-2, p. 81-97, 2004.
- WESTPHALEN, S.L.; MÁLUF, J.R. T. **Caracterização das áreas bioclimáticas para o cultivo de *Vitis vinifera* L.**: regiões da Serra do Nordeste e Planalto do Estado do Rio Grande do Sul. Brasília, DF: EMBRAPA, 2000. 98 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE . **Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2007. 21 p.