

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS**

Cristina Pandolfo

**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS, VARIÁVEIS
METEOROLÓGICAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
POTENCIALIDADE DO CULTIVO DA VIDEIRA (*Vitis vinifera*
L.) NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Florianópolis

2010

Cristina Pandolfo

**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS, VARIÁVEIS
METEOROLÓGICAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
POTENCIALIDADE DO CULTIVO DA VIDEIRA (*Vitis vinifera*
L.) NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências, área de concentração Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Aparecido Lima da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Hamilton Justino Vieira

Florianópolis

2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina

P189s Pandolfo, Cristina
Sistemas atmosféricos, variáveis meteorológicas e
mudanças climáticas na potencialidade do cultivo da videira
(Vitis vinifera L.) no estado de Santa Catarina [tese] /
Cristina Pandolfo ; orientador, Aparecido Lima da Silva. -
Florianópolis, SC, 2010.
171 p.: il., grafs., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

Inclui referências

1. Agricultura. 2. Recursos genéticos vegetais. 3.
Mudanças climáticas - Santa Catarina. 4. Uva - Cultivo
- Santa Catarina. 5. Sistemas atmosféricos. I. Silva,
Aparecido Lima da. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos
Vegetais. III. Título.

CDU 631

Sistemas atmosféricos, variáveis meteorológicas e mudanças climáticas na potencialidade do cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.)' no Estado de Santa Catarina

por

Cristina Pandolfo

Tese julgada e aprovada em 21/06/2010, em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de Concentração Recursos Genéticos Vegetais, no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, CCA/UFSC.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Aparecido Lima da Silva (Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Angelo Mendes Massignam (Externo/EPAGRI)

Prof. Dr. Hugo José Braga (Externo/EPAGRI)

Prof. Dr. Rosandro Minuzzi (Titular/UFSC)

Prof. Dr. José Afonso Voltolini (Titular/UFSC)

Prof.Dr.Maurício Sedrez dos Reis (Coordenador do Programa)

Florianópolis, junho de 2010

Ao meu pai Euclides (*in memoriam*),
À minha mãe Eni,
À minha irmã Carla,
Ao meu cunhado Milton,
Aos meus sobrinhos Arthur e Renata,
Às amigas Valéria, Ivana, Mary Grace, Emanuela, Marilene, Isabel,
Elisângela e Yara,
Aos amigos Luiz Albano e Ângelo
Ao meu namorado Geraldo Cazzamatta,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, ao corpo docente e colaboradores dessa instituição.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM) que possibilitaram o uso de informações para o desenvolvimento desta pesquisa, em especial à Diretoria de Pesquisa da Epagri e Chefia do CIRAM/Epagri, os quais nos apoiaram e incentivaram no desenvolvimento dos trabalhos.

À Agroconsult Ltda., do Rio de Janeiro, e todo seu corpo técnico que apoiaram incondicionalmente a realização deste doutorado.

Ao Professor Aparecido Lima da Silva, pela orientação e confiança neste trabalho e pela dedicação à área de Vitivinicultura em Santa Catarina.

Ao pesquisador e co-orientador deste trabalho, Dr. Hamilton Justino Vieira e a todos os colegas da Agrometeorologia da Epagri.

A todos que forneceram dados de fenologia da videira utilizados no trabalho, entre eles: Villaggio Grando, Vinícola Francioni, Estação Experimental de Campos Novos, Estação Experimental de São Joaquim, Estação Experimental de Videira.

Aos colegas de trabalho, pelo apoio e estímulo, especialmente aos colegas e amigos Ângelo Mendes Massignam, Emanuela S. Pereira Pinto, Luiz Albano Hammes e Marilene de Lima que participaram efetivamente deste trabalho.

À bolsista Ludmila Nascimento Machado pela disposição de ajudar na formatação desta tese.

À minha família pelos diversos exemplos de amor, união, honra, dignidade, responsabilidade, luta e perseverança.

Aos amigos, pelas palavras de apoio e compreensão pela minha ausência.

Ao Maestro Cazzamata, pelo amor e pelo companheirismo que embalou os últimos meses desta tese ao som de lindas melodias ao piano.

A todos, indistintamente, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, pela vida plena e feliz...

“O vinho alegra o coração do homem; e a alegria é a mãe de todas as virtudes.”

Goethe

RESUMO

No Estado de Santa Catarina, as áreas de produção de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, variedade de uva mais exigente em frio, concentram-se nas regiões mais altas nos municípios de Bom Retiro, São Joaquim, Lages, Paineira, Campos Novos, Tangará, Videira, Iomerê, Caçador e Água Doce. A viticultura está se tornando uma importante atividade econômica para o desenvolvimento dessas regiões. Além disso, o Estado é um dos principais produtores de uva e vinho do país. Portanto, o conhecimento do efeito dos sistemas atmosféricos e sua variabilidade e das mudanças climáticas na maturação dos frutos da videira (*Vitis vinifera* L.) traz segurança aos produtores e investimentos no setor. Os objetivos deste estudo foram: i) identificar e caracterizar o efeito de sistemas atmosféricos nas variáveis meteorológicas e na qualidade da uva; ii) identificar o impacto das mudanças climáticas na área potencial do cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* no Estado de Santa Catarina. Foram utilizados dados de fenologia de cinco locais (São Joaquim, Bom Retiro, Campos Novos, Videira e Água Doce), em quatro safras diferentes (entre 2005/2006 a 2008/2009). A ocorrência dos sistemas atmosféricos e a intensidade das variáveis meteorológicas foram avaliadas para o período da maturação à colheita. Três cenários do zoneamento agroclimático foram elaborados: atual, 2050 e 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”). Na elaboração do zoneamento agrícola, foram utilizados os seguintes critérios: total anual de horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ e data de ocorrência de última geada. Os sistemas atmosféricos que ocorrem no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* podem influenciar as variáveis meteorológicas. A ocorrência de jatos subtropicais diminuiu o total de precipitação, quando não estão associados às frentes frias. Os sistemas atmosféricos frentes frias e cavados invertidos aumentaram as temperaturas mínimas médias nesse período fenológico. A alta pressão aumentou o número de dias com amplitude superior a 12°C . Entretanto, não haverá efeito dos sistemas atmosféricos na quantidade de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$). A amplitude térmica aumentou com a ocorrência de sistemas de alta pressão e essa variável teve um efeito significativo nos sólidos solúveis totais (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* ($^{\circ}\text{Brix}$). A variabilidade da ocorrência dos principais sistemas atmosféricos durante a fase da

maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* é maior entre os anos agrícolas e menor entre as regiões no Estado. Frente fria e cavado invertido, baixa pressão, cavado e jato subtropical apresentaram diferenças nas frequências de ocorrência nos anos agrícolas. Somente o jato subtropical apresentou diferenças entre as regiões estudadas. As projeções de aumento de temperatura para os cenários 2050 e 2070 no cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.), no Estado de Santa Catarina, mostraram uma drástica redução da área potencial, um deslocamento da área potencial de cultivo para áreas mais frias do Estado, uma antecipação e a redução da duração do período da maturação à colheita e uma tendência de diminuição de sólidos solúveis totais nos frutos, o que impacta na qualidade dos vinhos.

Palavras-chave: zoneamento; *Vitis vinifera* L.; mudanças climáticas; Santa Catarina; PRECIS.

ABSTRACT

In the State of Santa Catarina the production areas of grape (*Vitis Vinifera* L.), Var. Cabernet Sauvignon, a variety that requires more chilling hours, concentrates in the municipalities with high altitude: Bom Retiro, São Joaquim, Lages, Paineira, Campos Novos, Tangará, Videira, Iomerê, Caçador and Água Doce. Viticulture is an important economic activity for the development of these regions. Furthermore, the State is one of the major producers of grape and wine in the country. Therefore, knowledge of the effect of atmospheric systems and their variability and climate change in the phase of ripening of grapes (*Vitis vinifera* L.) provides security to producers for investments in the sector. The aims of this study were: (i) to identify and characterize the effect of atmospheric systems in the meteorological variables and in the quality of grape; (ii) to identify the impact of climate change on the potential area of production of vine (*Vitis vinifera* L.), Var. Cabernet Sauvignon, in the State of Santa Catarina. Phenology data were used from five places (São Joaquim, Bom Retiro, Campos Novos, Videira and Água Doce) and in four different crop seasons (from 2005/2006 to 2008/2009). The occurrence of atmospheric systems and intensity of meteorological variables were evaluated in the growing stage of maturity at harvest. Three scenarios of the agriculture climatological zoning were elaborated: the current scenario, the scenario for 2050 and the scenario for 2070. The output of integrated systems of regional climate modeling PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) was used to generate the scenarios of 2050 and 2070. The following criteria were used to elaborate the agriculture climatological zoning: total annual chilling hours $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$ and date of occurrence of the last frost. The occurrence of atmospheric systems and the intensity of meteorological variables were evaluated in the period between the ripening and harvesting phases of grapes (*Vitis vinifera* L.), Var. Cabernet Sauvignon, may influence the meteorological variables. The occurrence of subtropical jet stream decreases the total of rainfall when they are not associated with cold fronts. The atmospheric system of cold fronts and inverted trough increased the minimum temperatures average in this phenologic phase. High pressure increased the number of days with amplitude higher than 12°C . However, there were no effects of atmospheric systems on the total soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$). The thermal amplitude increased with the occurrence of high pressure systems and this variable had a significant effect on the total soluble solids of grapes

(*Vitis vinifera* L.), Var. Cabernet Sauvignon (Brix). The variability of the occurrence of major atmospheric systems during the phase of maturity at harvest of grapes (*Vitis vinifera* L.), Var. Cabernet Sauvignon, is higher among the crop seasons and it is lower among regions in the State. Cold front and inverted trough, low pressure, trough and subtropical jet stream show different frequency of occurrence in crop seasons. Only the subtropical jet stream showed differences between the regions studied. The projected temperature increase for the scenarios in 2050 and 2070 showed a drastic reduction in the potential area of cultivation of varieties of *Vitis vinifera* L. for the State of Santa Catarina. There will be a shift in the potential area for cultivation to cooler regions of that state. The projected temperature increase for the scenarios in 2050 and 2070 in the cultivation of grapes (*Vitis vinifera* L.) in the State of Santa Catarina showed a drastic reduction in the potential area, a shift of the potential area of cultivation to cooler areas of the state, anticipating and reducing the length of the phase of maturity at harvest and a tendency to decrease in total soluble solids in fruit which impact in the quality of wines.

Key words: agriculture climatological zoning; *Vitis vinifera* L.; climate change; Santa Catarina; PRECIS.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1 - Classificação de Koeppen. Estado de Santa Catarina51

Figura 1.2 - Relação entre os fatores do meio e os demais fatores que influenciam na produção dos vinhos de qualidade55

CAPÍTULO II

Figura 2.1 - Localização da Região 1 (R1) e Região 2 (R2) e respectivos municípios utilizados neste estudo68

CAPÍTULO III

Figura 3.1 - Relação entre frequência relativa de ocorrência de frente fria com cavado invertido (S1 + S6) e anomalia de temperatura mínima média (°C) durante o período da maturação à colheita para videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em diferentes locais observados e safras no Estado de Santa Catarina. Modelo de Regressão Linear significativo a 5%.....89

Figura 3.2 - Relação entre frequência relativa de ocorrência de jato subtropical (A1) e anomalias de precipitações totais (mm) durante o período da maturação à colheita para videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em diferentes locais observados e safras no Estado de Santa Catarina. Modelo de Regressão Linear significativo a 5%.89

Figura 3.3 - Relação entre número de dias com amplitude térmica superior a 12°C e ocorrência de sistemas de alta pressão (S2) no período da maturação à colheita para diferentes locais e safras. Modelo de Regressão Linear estatisticamente significativa a $\alpha = 5\%$ 92

Figura 3.4 - 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) no período da maturação à colheita para locais observados no Estado de Santa Catarina.93

CAPÍTULO IV

Figura 4.1 - Anomalias das médias de temperatura mínima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2050 e cenário atual.....104

Figura 4.2 - Anomalias das médias de temperatura mínima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2070 e cenário atual.....105

Figura 4.3 - Anomalias das médias de temperatura média entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2050 e cenário atual.....105

Figura 4.4 - Anomalias das médias de temperatura média entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2070 e cenário atual,.....106

Figura 4.5 - Anomalias das médias de temperatura máxima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2050 e cenário atual.....106

Figura 4.6 - Anomalias das médias de temperatura máxima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2070 e cenário atual.....107

Figura 4.7 - Relação entre as datas de colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* e as temperaturas médias observadas durante o período da maturação à colheita para locais e safras observados no Estado de Santa Catarina.....107

Figura 4.8 - 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.....109

Figura 4.9 - 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.....109

Figura 4.10 - 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) no período da maturação à colheita para locais observados no Estado de Santa Catarina.....110

Figura 4.11 - Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário atual.....112

Figura 4.12 - Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.....112

Figura 4.13 - Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.113

Figura 4.14 - Anomalias médias do total dos graus-dias 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 2050 e os valores do cenário atual.....117

Figura 4.15 - Anomalias médias do total dos graus-dias 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 2070 e os valores do cenário atual.....117

CAPÍTULO V

Figura 5.1 - Distribuição das áreas plantadas com a cultura da videira (ha) por município no Estado de Santa Catarina. A área plantada foi a média do período de 2006 a 2008.....122

Figura 5.2 - Zoneamento para a cultura da videira (*Vitis vinifera* L.) em Santa Catarina para o cenário atual.....125

Figura 5.3 - Zoneamento para a cultura da videira (*Vitis vinifera* L.) em Santa Catarina para cenário 2050.....126

Figura 5.4 - Zoneamento para a cultura da videira (*Vitis vinifera* L.) em Santa Catarina para o cenário 2070.127

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1 - Produção de uvas, elaboração de vinhos e derivados no Brasil29

Tabela 2 - Produção, área plantada e produtividade de videira para os municípios de Água Doce, Bom Retiro, Campos Novos, São Joaquim, Videira e para Santa Catarina30

CAPÍTULO II

Tabela 2.1 - Sistemas atmosféricos considerados, classificação por nível de pressão e abreviatura68

Tabela 2.2 - Altitude, longitude e latitude do vinhedo, safra, data de início da maturação, data da colheita, número de dias do período compreendido entre maturação e colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* e fonte para diferentes locais em Santa Catarina70

Tabela 2.3 - Reclassificação dos sistemas atmosféricos considerados, classificação por nível de pressão e abreviatura71

Tabela 2.4 - Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina.....73

Tabela 2.5 - Frequências relativas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina74

Tabela 2.6 - Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina. Reorganização dos sistemas.....75

Tabela 2.7 - Frequências relativas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita da videira (*Vitis*

vinifera L.) var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina. Reorganização dos sistemas76

Tabela 2.8 - Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos reagrupados no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, organizados por região77

Tabela 2.9 - Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos reagrupados no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, organizados por safra78

CAPÍTULO III

Tabela 3.1 - Local, safra, duração do ciclo em dias, média da temperatura mínima, máxima e média, amplitude térmica, total de precipitação, número de dias com chuva, umidade relativa e total de horas de brilho solar (insolação) para o período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em Santa Catarina85

Tabela 3.2 - Local, safra, médias climatológicas e anomalias para temperaturas mínima, máxima e média e total de precipitação para o período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em Santa Catarina86

Tabela 3.3 - Significância das equações de regressão linear entre a ocorrência relativa dos sistemas atmosféricos e as anomalias variáveis meteorológicas88

Tabela 3.4 - Significância das equações de regressão linear entre a ocorrência relativa dos sistemas atmosféricos e o número de dias com amplitude superior a 12°C90

Tabela 3.5 - Amplitude térmica média (°C), número de dias com amplitude térmica superior a 12°C e sistemas atmosféricos observados nos dias em que ocorreu amplitude térmica superior a 12°C no período da maturação à colheita em vários locais e datas91

CAPÍTULO IV

Tabela 4.1 - Temperaturas mínimas, médias e máximas (°C) mensais (janeiro a abril) estimadas para os cenários atual, 2050 e 2070 para os locais de estudo.....102

Tabela 4.2 - Anomalias (°C) mensais estimadas para os cenários 2050 e 2070 para os locais de estudo. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário considerado e os valores do cenário atual103

Tabela 4.3 - Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para os cenários atual, 2050 e 2070 e anomalias nos cenários 2050 e 2070 para os locais de estudo. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário atual e cenário 2050 e 2070.....111

Tabela 4.4 - Duração observada no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* (dias) e graus-dia calculada para diferentes locais e safras.....114

Tabela 4.5 - Total da soma térmica de (fevereiro a abril) para os cenários atual, 2050 e 2070 e anomalias nos cenários 2050 e 2070 para os locais de estudo. Anomalia foi calculada pela diferença entre e os cenários 2050 e 2070 e o cenário atual.....115

Tabela 4.6 - Duração estimada no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* estimada (dias) para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre o cenário 2050 e o cenário atual.....115

Tabela 4.7 - Duração estimada no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* estimada (dias) para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre o cenário 2070 e o cenário atual.....116

CAPÍTULO V

Tabela 5.1 - Área total (km²) dos municípios classificados como plantio recomendado e plantio tolerado nos cenários atual, 2050 e 2070 em Santa Catarina.....126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- R1 - Região 1
- R2 - Região 2
- A1 - Jato Subtropical - Altos níveis (200 hPA)
- A2 - Vórtice - Altos níveis (200 hPA)
- A3 - Jato Polar - Altos níveis (200 hPA)
- M1 - Frente Fria - Médios níveis (500 hPA)
- M2 - Vórtice - Médios níveis (500 hPA)
- M3 - Cavado - Médios níveis (500 hPA)
- M4 - Jato - Médios níveis (500 hPA)
- S1 - Frente Fria - Superfície
- S2 - Alta Pressão – Superfície
- S3 - Baixa Pressão - Superfície
- S4 - Ciclone Extratropical - Superfície
- S5 - Cúmulos Convectivos de Mesoescala - Superfície
- S6 - Cavado Invertido - Superfície
- S1+S6 - Frente fria + Cavado invertido
- OS - Outros sistemas
- PRECIS - Providing Regional Climates for Impacts Studies
- ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul
- CCM - Complexo convectivo de mesoescala
- CB - Cumulonimbus
- PAR - radiação fotossinteticamente ativa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	29
CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
1.1 SISTEMAS E ELEMENTOS METEOROLÓGICOS.....	35
1.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	43
1.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA REGIÃO APTA AO CULTIVO DE <i>CABERNET SAUVIGNON</i> EM SANTA CATARINA	
1.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	52
1.5 FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DE VIDEIRA	55
1.5.1 Variáveis climáticas	56
1.5.2 Aspectos fenológicos da videira	58
1.5.3 Indicadores da qualidade do vinho	59
1.5.4 Os <i>terroirs</i>	63
CAPÍTULO II - SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES EM SANTA CATARINA NO PERÍODO DA MATURAÇÃO À COLHEITA DE VIDEIRA (<i>Vitis vinifera</i> L.) var. <i>Cabernet Sauvignon</i>	65
2.1 INTRODUÇÃO	65
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	67
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
2.4 CONCLUSÕES	79
CAPÍTULO III – SISTEMAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS QUE AFETAM A QUALIDADE E FENOLOGIA DA VIDEIRA (<i>Vitis vinifera</i> L.) var. <i>Cabernet Sauvignon</i> EM SANTA CATARINA	81
3.1 INTRODUÇÃO	81
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	84
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
3.4 CONCLUSÕES	93
CAPÍTULO IV– IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA VIDEIRA (<i>Vitis vinifera</i> L.) var. <i>Cabernet Sauvignon</i> NO ESTADO DE SANTA CATARINA	95
4.1 INTRODUÇÃO	95
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	99

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
4.3.1 Temperaturas mínimas, médias e máximas mensais	101
4.3.2 Amplitudes térmicas	108
4.3.3 Horas de frio abaixo de 7,2 °C	110
4.3.4. Graus-dia acumulados no período da maturação à colheita.....	114
4.4 CONCLUSÕES	119

CAPÍTULO V– ESTIMATIVA DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ÁREA POTENCIAL DE CULTIVO DA VIDEIRA (<i>Vitis vinifera</i> L.) var. <i>Cabernet Sauvignon</i> NO ESTADO DE SANTA CATARINA	121
5.1 INTRODUÇÃO	121
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	124
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	125
5.4 CONCLUSÕES	128
CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICES	148

INTRODUÇÃO GERAL

A área de produção dos onze países que mais cultivam videira soma 5 milhões de hectares. Os três maiores (Espanha, Itália e França) cultivam mais de 2 milhões de hectares, principalmente para a produção de vinhos finos. A principal espécie do gênero *Vitis* é a *Vitis vinifera*, conhecida como videira europeia, com milhares de variedades entre brancas e tintas, para vinho, passas, mesa ou sucos (BRITO, 2004). Segundo a FAO (2010), no ano de 2008, a produção de uva no Brasil foi de 1.403.002 toneladas.

A produção nacional de vinhos alcançou, aproximadamente, 357 milhões de litros, sendo apenas 42,3 milhões de litros provenientes de uvas viníferas. A produção de variedades de *Vitis vinifera*, para a elaboração de vinhos finos, se encontra ainda em pequenas proporções. Em 2004, 64,6% dos vinhos finos consumidos no Brasil se originaram de importação, principalmente da Argentina e Chile (UVIBRA, 2010). A produção média anual de uvas viníferas, considerando os anos de 2007 a 2009, fica em torno de 76.019.390 kg com a produção de 50.528 litros por ano de vinho de uvas viníferas (IBGE, 2010). Na Tabela 1, são apresentadas as produções de uvas e vinhos entre os anos de 2007 a 2009.

Santa Catarina, Estado que tradicionalmente produz vinhos de consumo popular, elaborados com uvas americanas, nos últimos anos, tem investido em tecnologia moderna, importando mudas de *Vitis vinifera*, visando a produção de novos vinhos no Estado. A ideia é atender ao mercado dos vinhos finos que vem tendo uma crescente preferência pelos consumidores brasileiros. Devido às características climáticas peculiares das regiões mais altas de Santa Catarina e à adoção das tecnologias preconizadas pela pesquisa, a expectativa é de que Santa Catarina possa ser produtora de vinhos de alta qualidade, entre os melhores do Brasil, e quem sabe, nivelando-se aos melhores vinhos chilenos e argentinos (TAGLIARI, 2003).

Tabela 1 Produção de uvas, elaboração de vinhos e derivados no Brasil

PRODUTOS/ANOS	2007	2008	2009
Uvas viníferas (kg)	72.151.978	83.801.966	72.104.225
Vinhos viníferas (l)	43.176.484	47.334.502	39.900.568

Fonte: Modificada de UVIBRA (2010).

Segundo IBGE (2010), a produção média catarinense no período de 2006 a 2008 foi de 53.429 toneladas/ano cultivadas em 4.754 ha/ano, em média. Os dados relativos à produção de videira, área plantada e produtividade para os municípios focos desse estudo, podem ser observados na Tabela 1.2. Novas regiões de cultivo da videira estão surgindo em zonas de altitude, acima de 1000 metros do nível do mar. Essas regiões, que se caracterizam por propiciar maturação tardia da videira para períodos em que as condições climáticas são mais favoráveis à maturação fisiológica completa, incluem municípios como São Joaquim, Bom Retiro e Água Doce (BONIN; BRIGHENTI, 2005). Nesses locais, as condições climáticas particulares influenciadas e dirigidas pela altitude prolongam o ciclo vegetativo da videira em até 45 dias, provocando a maturação em período distinto daquele tradicionalmente realizado nas demais regiões produtoras do Brasil (ROSIER, 2005).

Segundo VIEIRA et al. (2009), a área de produção de *Cabernet Sauvignon*, no Estado de Santa Catarina, correspondente aos associados da ACAVITIS, equivale a 127,57 ha.

Tabela 2 Produção, área plantada e produtividade de videira para os municípios de Água Doce, Bom Retiro, Campos Novos, São Joaquim, Videira e para Santa Catarina

Municípios	Produção (toneladas)			Área plantada (ha)			Produtividade (t/ha)		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Água Doce	160	260	255	40	40	51	4,00	6,50	5,00
Bom Retiro	98	140	140	20	20	20	4,90	7,00	7,00
Campos Novos	125	196	180	25	28	30	5,00	7,00	6,00
São Joaquim	400	715	715	83	143	143	4,82	5,00	5,00
Videira	8.404	10.500	6.750	667	700	450	12,60	15,00	15,00
Subtotal	9.187	11.811	8040	835	931	694			
Total Santa Catarina	47.355	54.603	58.330	4.512	4.915	4.836			

Fonte: IBGE (2010)

As uvas produzidas em regiões de altitude de Santa Catarina apresentam características próprias e distintas das demais regiões

produtoras no Brasil, com maturação fenológica completa, o que permite elaboração de vinhos de alta qualidade (FALCÃO, 2007; SILVA, BORGHEZAN; VIEIRA, 2008).

Por outro lado, o debate sobre as mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global e seu impacto sobre os produtos e/ou culturas agrícolas traz à tona a fragilidade do setor agrícola. É fundamental a necessidade de projeções, de estudos dos impactos possíveis das mudanças climáticas, de análise de tendência das informações meteorológicas, culminando em ações de mitigação e planejamento agrícola.

Definição do problema

Quais são os sistemas atmosféricos que influenciam a qualidade da uva e quais os efeitos das mudanças climáticas na potencialidade das áreas de cultivo da videira (*Vitis vinifera* L). var. *Cabernet Sauvignon*, em Santa Catarina, considerando-se os cenários agrícolas futuros?

Justificativa

A produção de uvas nobres de variedades *Vitis vinifera*, se encontra em pequenas proporções ainda. No ano de 2004, em torno de 65% dos vinhos consumidos no Brasil se originaram de importações.

A modernização das indústrias, aliada aos avanços na pesquisa de vitivinicultura, culminou com a melhoria significativa da qualidade dos vinhos brasileiros. Buscando atender a essa crescente demanda, nos últimos anos, observou-se um aumento na produção.

A tecnologia adotada nos vinhedos está se ampliando e indústrias brasileiras de vinho, a cada ano, equivalendo-se às principais regiões vitícolas existentes no mundo. Portanto, a identificação detalhada das características edafoclimáticas (relevo, exposição solar, altitude, declividade, fertilidade e profundidade do solo, geada, vento e granizo) de regiões potenciais ao cultivo da videira se faz necessário, dando suporte à identificação de microclimas especiais ao cultivo, avaliando, então, a potencialidade real do local de estudo e de variedades adequadas.

Aliado as técnicas de vinificação e procedimentos agrônômicos, a avaliação do clima característico de regiões produtoras e suas

variabilidades são de extrema importância à produção de matéria-prima de alta qualidade e com padrão diferenciado.

O conhecimento do efeito causado pelos sistemas atmosféricos e sua variabilidade à maturação dos frutos da videira, e mais especificamente à tipicidade do vinho, traz segurança ao setor que demonstra despontar tanto em termos de área de produção, como também em investimentos no Estado de Santa Catarina/Brasil.

Em outra escala, a avaliação dos sistemas atmosféricos atuantes na região produtora de uvas elucidará algumas questões até então trabalhadas pelo emprego dos índices agrometeorológicos, numa área de conhecimento onde não há registros de trabalhos de pesquisa que associam produção agrícola aos sistemas atmosféricos no Brasil com o detalhamento proposto.

A avaliação das potencialidades de cultivo transpassa os limites do microclima. Assim, diferentes regiões possuem também, em função da circulação atmosférica, características diferentes quanto à organização ou expressão dos sistemas atmosféricos predominantes, podendo as regiões distinguir-se, quando essas informações são associadas a determinados cultivos.

Objetivo geral

Os objetivos deste estudo foram: i) identificar e caracterizar o efeito de sistemas atmosféricos nas variáveis meteorológicas e na qualidade da uva; ii) identificar o impacto das mudanças climáticas na área potencial do cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.), var. *Cabernet Sauvignon*, no Estado de Santa Catarina.

Objetivos específicos

- Identificar e quantificar a ocorrência dos sistemas atmosféricos atuantes em Santa Catarina no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*;
- determinar o efeito dos sistemas atmosféricos sobre as variáveis meteorológicas e sobre a qualidade da uva da variedade *Cabernet Sauvignon* durante o período da maturação à colheita;
- estudar os impactos das mudanças climáticas nos índices agrometeorológicos (horas de frio, soma térmica e amplitude térmica)

para videira (*Vitis vinifera* L.), var. *Cabernet Sauvignon*, no Estado de Santa Catarina;

- estimar o impacto das mudanças climáticas na área potencial de cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) no Estado de Santa Catarina, através da elaboração de cenários climáticos (atual e futuro), em função das projeções do modelo climático regionalizado PRECIS (escala regional de 50 km, Cenário B2) para os anos de 2050 e 2070.

Organização da tese:

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo traz uma revisão bibliográfica sobre os assuntos abordados nos capítulos subsequentes. O segundo trata da descrição dos sistemas atmosféricos que atuam na região produtora da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* e qualidade dos seus frutos, em Santa Catarina, no período de maturação e colheita. O terceiro trata de como se relacionam os sistemas atmosféricos e as variáveis meteorológicas nas regiões produtoras da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*. O quarto trata dos impactos das mudanças climáticas sobre índices agrometeorológicos utilizados para videira (*Vitis vinifera* L.). O quinto capítulo trata de estimativas dos impactos causados pelas possíveis alterações climáticas sobre a área potencial do cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) no Estado de Santa Catarina.

CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado, através de uma revisão bibliográfica, os conceitos principais sobre o tema da tese, incluindo conhecimentos sobre sistemas atmosféricos, caracterização climática da área de estudo, variáveis meteorológicas, cultivo da videira, aspectos da qualidade da uva para produção de vinhos e mudanças climáticas.

1.1 SISTEMAS E ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

O Brasil por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura. O Sul do Brasil, devido a sua localização latitudinal, sofre mais influência dos sistemas atmosféricos de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano (QUADRO, 2005).

As regiões catarinenses apresentam uma variabilidade sazonal bem definida em termos de temperatura, com invernos frios e verões quentes. Entre final de março e início de abril, as primeiras massas de ar vindas do Polo Sul, na retaguarda das frentes frias, invadem o Estado de Santa Catarina, provocando declínios bruscos de temperatura (CAVALCANTI, 1984).

As baixas temperaturas e a consequente ocorrência de geadas são observadas especialmente nos meses de maio a setembro, quando as invasões da massa polar são mais frequentes no Estado. Além das geadas, essa também é uma época favorável à formação dos chamados nevoeiros de radiação, que ocorrem ao amanhecer, associados ao rápido resfriamento noturno da superfície terrestre, decorrente da perda radiativa.

A partir de outubro, no período da primavera, começa a diminuir a frequência das massas de ar frio e a massa de ar tropical, quente e úmida, passa a predominar em Santa Catarina, favorecendo dias de calor e altos índices de umidade do ar, especialmente durante os meses de verão.

Na região Sul, nos meses de verão, as temperaturas máximas ficam entre 22°C e 30°C em boa parte da região. Já as temperaturas mínimas variam de 12°C a 20°C, sendo que as mais baixas ocorrem nas regiões serranas (NIMER, 1989). Nessa estação do ano, o processo convectivo (formação de nuvens) é o principal responsável pela

precipitação na região Sul. No oeste da região Sul, chuvas fortes estão associadas a instabilidades que se organizam na região da Baixa do Chaco (Norte da Argentina ao sul do Paraguai). Em alguns anos, a influência da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), típica de verão, aumenta significativamente o volume de chuvas no Norte de Santa Catarina e no Paraná (SATYAMURTY, NOBRE; DIAS, 1998).

Em geral, períodos chuvosos e de altos índices de umidade do ar estão associados a maior predomínio de nuvens, o que inibe a perda de radiação terrestre no período noturno e o aquecimento diurno por radiação solar, resultando, respectivamente, em anomalias positivas de temperatura mínima e negativas de temperatura máxima. No final do inverno, primavera ou verão, esses períodos podem ser causados por frentes frias semiestacionárias ou ZCAS que permanecem alguns dias sobre o Sul e Sudeste do Brasil e, no outono, inverno e primavera, pela presença do jato subtropical no Sul do Brasil (PEZZI; CAVALCANTI, 1994), mantêm as condições de nevoeiros na noite, amanhecer e início da manhã (EPAGRI, 2009). Períodos mais secos, ao contrário, favorecem tanto a perda de radiação terrestre como o aquecimento diurno (MADDEN; JULIAN, 1971; LEJENAS, 1984) e, conseqüentemente, podem resultar em registros de temperatura mínima abaixo da média e de máximas acima da média normal (EPAGRI, 2009).

Abaixo, são descritos os sistemas atuantes no Estado de Santa Catarina:

Alta Pressão (AP)

Sistemas ou simplesmente os centros de alta pressão correspondem a áreas onde os valores de pressão medidos na superfície ou reduzidos ao nível do mar (PNM) são mais elevados em relação às áreas adjacentes. Normalmente, as isolinhas de pressão compõem mapas de isóbaras conhecidos em meteorologia como mapas ou campos de superfície ao nível do mar ou de pressão ao nível médio do mar. Assim, de acordo com as medições em superfície, são determinadas ou localizadas as posições e a intensidade dos centros de maior pressão, a alta pressão. Os sistemas atmosféricos são dinâmicos e estão constantemente sofrendo alterações resultantes das variações do aquecimento solar, ou do solo sobre os quais se desloca essa massa de ar seco, a alta pressão (TUBELIS, 1980; VAREJÃO-SILVA, 1982).

As trocas físicas que ocorrem entre as camadas de ar superior e adjacentes, somadas ao movimento rotacional da Terra, determinam a trajetória dos sistemas de alta pressão.

Os sistemas de alta pressão em Santa Catarina, no verão, têm valores em torno de 1010 hPa e estão, em geral, associados a tempo estável com céu claro e por isso ocorre uma rápida elevação das temperaturas durante a tarde. Por outro lado, as temperaturas mínimas no período noturno podem ficar mais baixas pela perda radiativa ou resfriamento noturno (TUBELIS, 1980).

A alta pressão mantém suas características por pouco tempo no verão, de dois a quatro dias, e nesse período o calor pode provocar convecção localizada. Os núcleos de nebulosidade se formam mais frequentemente sobre áreas com mais umidade, como bacias hidrográficas mais densas ou em vales onde as nuvens adquirem formatos de cumulonimbus (CB). Cumulonimbus são núcleos típicos de verão, tempestades locais severas, com formação mais frequente à tarde, quando o aquecimento é maior, coincidindo com o horário das temperaturas máximas do dia. Os CBs ou as nuvens convectivas são de curta duração, de quinze minutos a no máximo duas horas. Nesses casos, o CB ocorre dentro da área do sistema de alta pressão e, mesmo assim, pode provocar queda de granizo e ventos fortes, causando estragos nas culturas de verão (VIANELLO; ALVES, 1991).

Os sistemas de alta pressão mais intensos, com maior energia, ocorrem no inverno, quando avançam pelo Sul do Brasil na retaguarda de frente fria, ou, por outro lado, quando permanece estacionária sobre o Sul do Brasil, impedindo o avanço das frentes frias, caracterizando situações de bloqueio atmosférico. Nesta última situação, a massa de ar frio se aquece e mantém o tempo estável, caracterizando o veranico que ocorre no outono e inverno (LEJENAS, 1984).

Outra das características da alta pressão é a circulação do vento, cuja direção pode ser observada nas isoetas (isolinhas de vento) que contornam os centros de alta pressão no sentido anti-horário, circulação anticiclônica, no Hemisfério Sul (OLIVEIRA; VIANELO; FERREIRA,, 2001).

Outro sistema que pode ser encontrado atuando juntamente com a alta pressão (em superfície) é o jato subtropical, que é um sistema que age sobre vários quilômetros e pode atuar por dez horas até dois ou três dias (PEZZI; CAVALCANTI, 1994).

Baixa Pressão (BP)

Centro ou áreas de baixa pressão são identificados por áreas com valores próximos aos 900 hPa no verão, observados em estações meteorológicas de superfície (convencionais ou automáticas) e circulação dos ventos ao redor dos centros e em sentido horário (circulação ciclônica, no Hemisfério Sul) e convergindo para seu centro. O vento, ar em movimento que tende a deslocar-se das áreas de maior pressão (altas pressões) para as áreas de menor pressão (baixas pressões), gerando uma convergência de ar e, pelas equações de conservação de massa, este se eleva formando nebulosidade de grande extensão sobre essas áreas de baixa pressão. A extensão da nebulosidade sobre as áreas de baixa pressão é de várias centenas de quilômetros e com tempo de duração entre dez horas e três dias, chegando a cinco ou seis dias em algumas situações. Essa nebulosidade torna a visualização das baixas pressões mais fácil através de imagem de satélite (ELIAS, 1995), que também permite acompanhar sua trajetória e a dinâmica de sua atividade.

Assim como as altas pressões, as baixas são sistemas de grande escala, atuando sobre várias centenas de quilômetros e por várias horas ou dias. A continuidade ou manutenção dessas baixas pressões, muitas vezes, ocorre pelo fornecimento de umidade, pela presença do jato em níveis médios e altos da atmosfera (UCCELINI, 1979). Outro mecanismo que intensifica a atividade das baixas, causando chuvas e temporais, é a chegada das frentes frias à região (SILVA DIAS, SCHUBERT; DEMARIA, 1983). Nesses processos, em todas as épocas do ano, ocorrem tempestades, nas quais também se originam supercélulas, tornados e queda de granizo. As condições de tempo associadas a esse sistema atmosférico são decorrentes da concentração de vapor d'água e suas mudanças de estado com precipitação que podem ser intensas, volumosas e persistentes.

Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM)

Os complexos convectivos de mesoescala apresentam algumas semelhanças com os sistemas de baixa pressão. As particularidades que os identificam são a área em que ocorre sua geração ou formação no Sul do Paraguai ou Norte da Argentina e no oeste da região Sul do Brasil com avanço para Leste. O tempo entre a formação e extinção dos cúmulos convectivos de mesoescala é relativamente curto. Os processos de formação e maturidade deste, adquirindo aparência com uma baixa pressão, transcorrem no período de duas horas, e geralmente ocorre na madrugada, e entre doze e vinte e quatro horas se desconfigura totalmente, já sem nebulosidade. A curta duração é o que dificulta sua previsibilidade (SILVA DIAS, 1987).

Apesar dos temporais que os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) provocam, eles são os maiores responsáveis pelas chuvas no verão no Oeste da região Sul do Brasil, período em que a chuva é mais escassa e foi observado a ausência destes sistemas em episódios de estiagem mais rigorosa. A época do ano em que esses sistemas ocorrem com mais frequência é a primavera e o verão. Nesse período, sua formação é favorecida pelo aquecimento em baixos níveis, próximo à superfície, encontrado nas áreas referidas e que vai provocar o levantamento do ar, formando inicialmente pequenos núcleos de nebulosidade, que crescem rapidamente e, em poucas horas, ocupam uma grande extensão vertical. Em anos de *El Niño* (EN) os CCMs ocorrem com o dobro ou mais da frequência que em anos normais (VELASCO; FRITSCH, 1987).

Ciclone Extratropical (CE)

Ao contrário dos complexos convectivos de mesoescala, que surgem e morrem rapidamente no Oeste da região Sul, o ciclone extratropical se forma no centro Leste do Sul brasileiro. O Sul do Brasil é a região geradora de ciclones extratropicais, que são originados da oclusão de frentes frias com a intensificação das baixas pressões, ao atingir o mar, o vórtice ganha força e permanece no oceano, em frente ao Sul Brasileiro e Uruguai, bem configurado e, em geral, ele e a frente fria associada deslocam-se rapidamente para o Sudeste do Brasil (FEDOROVA, 2001). Combinado com o ciclone extratropical, sobre o

continente, um sistema de alta pressão vai manter, durante vinte e quatro ou trinta horas, um forte gradiente de pressão responsável pelos ventos fortes característicos desse sistema. O gradiente de pressão é a razão entre a diferença de pressão dos centros de alta e os de baixa pressão ou ciclone extratropical e a distância entre os centros (por exemplo, 1024hPa-870hPa/700km). Essa relação determina a intensidade do vento e a sua persistência no litoral. O ciclone extratropical é visível em imagem satélite durante quatro ou cinco dias, tem uma extensão de algumas centenas de quilômetros e a época do ano em que ocorre com mais frequência é o outono, inverno e primavera. Os ventos fortes que provoca trazem perigo para a navegação no Atlântico Sudoeste e, para o continente, além dos ventos mais intensos no Planalto Sul, é a queda acentuada de temperatura que tem como consequência mais importante (FERREIRA, 1989). No outono e inverno, a passagem de ciclones extratropicais tem provocado queda de neve no RS e SC, com a advecção de frio e a umidade do mar trazido pelos ventos do Sudeste. Ciclones extratropicais se formam com menos frequência nos meses de janeiro e fevereiro e com mais frequência no inverno (GAN; RAO, 1991).

Cavado em Níveis Médios (CNM)

O deslocamento do ar nas camadas acima da superfície, entre 700 hPa e em 500 hPa, em algumas situações, formam um aglomerado de nuvens que acompanha o fluxo do vento nesses níveis, entre 2 km e 4 km acima da superfície. Essas nuvens se formam evidenciando as variações de altura que as camadas de pressão vão sofrendo. A tendência do ar é encontrar os níveis em que as pressões são mais baixas, dessa forma os cavados sofrem processos de aprofundamento ou intensificação que pode culminar com a formação de um centro de baixa pressão em superfície ou, ao contrário, como levantamento do ar, a configuração de um vórtice em altos níveis. Na condição de cavado em níveis médios, esse sistema pode ser definido na prática como áreas alongadas de baixa pressão, pelo aspecto da nebulosidade em imagens de satélite e pela chuva que ele pode provocar (BLUESTEIN, 1992).

Os cavados, por serem de níveis médios, podem atuar combinados com sistemas de alta pressão, e essa interferência pode manter a nebulosidade por vários dias sem a ocorrência de chuva, alterando a umidade do ar, as temperaturas e até a velocidade do vento.

Mesmo não precipitando, a nebulosidade tem bom potencial de água precipitável (PIVA; MOSCATI; GAN, 2008).

Vórtice ciclônico em altos níveis (VCAN)

Quando o cavado em níveis médios sofre levantamento do ar e ainda adquire uma maior vorticidade, ou curvatura mais acentuada na circulação do vento com sentido horário no hemisfério sul, circulação ciclônica, temos a configuração de um vórtice ciclônico em altos níveis, que pode estar associado a um centro de baixa pressão em superfície. Em geral, o eixo que une o centro do vórtice e o centro da baixa pressão é inclinado, o que determina o deslocamento desses sistemas e o transporte de energia (calor e umidade) dos níveis inferiores que alimentam os níveis superiores, mantendo a capacidade de chuva e ventos muito fortes (LOURENÇO, 1996). Esse sistema se combina facilmente com outros sistemas em níveis médios e superiores, tornando-se perigoso pela intensidade da chuva que ele provoca (BELL; BOSART, 1993).

A visualização do vórtice ciclônico em altos níveis é através das cartas de altos níveis e pela imagem de satélite do vapor de água, que consegue captar nebulosidade mais alta e com pouca espessura. A duração do sistema vai de vinte e quatro a setenta horas a duas semanas (GAN; KOUSKY, 1982; VALVERDE, 2000).

Jato Subtropical e Jato Polar (JS e JP)

Correntes de jato são “túneis” de vento, onde a velocidade do vento é superior a 60 km/h, podendo atingir valores mais próximos de 140 km/h. A posição do jato varia durante o ano e durante a semana, assim como sua altura em relação à superfície e velocidade. Os jatos de altos níveis são os que mais interessam pela sua grande velocidade e maior frequência de atuação. O jato polar é mais encontrado em latitudes maiores, na altura do Uruguai e Rio Grande do Sul, principalmente no outono e inverno. Já o jato subtropical é mais frequente sendo que no verão é mais raro, passando várias semanas sem que se verifique sua presença (GRIMM, 2010).

A corrente de jato, ou jato, transporta o ar com grande velocidade a longas distâncias e sua presença é encontrada pela rádio sondagem em

aeropostos que identificam a velocidade do vento em altitude. A sondagem do ar superior é feita em alguns aeroportos que, usando um balão meteorológico que transporta sensores, recolhem e enviam por rádio as informações das várias camadas de ar (umidade, temperatura, velocidade e direção do vento) (VIANELLO; ALVES, 1991). Essas informações definem o traçado do perfil atmosférico e as condições de estabilidade para o momento e as horas seguintes (ALCÂNTARA; CAMARGO, 1969).

A presença do jato subtropical intensifica a convecção em níveis mais baixos e fornece umidade às áreas de cavado e de baixas pressões (PEZZI, 1994).

Frente Fria (FF)

Nos conceitos clássicos, a frente fria é a área onde ocorre o encontro de duas massas de ar com características diferentes. Especialmente as frentes frias são causadoras de variações mais significativas nas condições de tempo observadas antes e após sua passagem. Outros tipos de frente são a quente e a oclusa, mas essas ocorrem principalmente no oceano, enquanto o ramo frio passa pelo continente (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

Analisando nos mapas ou cartas sinóticas o comportamento do vento, da temperatura, das condições de nebulosidade e umidade do ar é possível acompanhar o deslocamento da frente fria pela região Sul do Brasil (KOUSKY; ELIAS, 1982). Essas análises são fundamentais no verão, quando muitas vezes apenas as variações na direção do vento evidenciam a posição da frente fria. No inverno, o contraste das massas de ar é mais intenso e o sistema é “empurrado” pela massa de ar frio e seco que avança em forma de cunha em direção ao ar mais quente, que desliza e sobe como numa rampa sobre o ar mais frio, denso e mais pesado. Nesse processo de levantamento, ocorre formação de muita nebulosidade com chuva e por vezes trovoadas e temporais, sendo por isso mais fácil identificar a posição das frentes frias no inverno do que no verão (CAVALCANTI; KOUSKY, 2003). As frentes frias afetam mais significativamente as regiões Sul e Sudeste, sendo responsáveis pelas chuvas, principalmente no Sul do país (QUADRO et al., 1996).

De forma mais local, analisa-se dados coletados em estações meteorológicas, usando alguns critérios para identificar o momento em que a frente fria passou pelo local. São características de algumas

variáveis no momento da passagem da frente fria: diminuição acentuada da pressão atmosférica seguida de elevação (variação barométrica); aumento significativo das temperaturas (aquecimento pré-frontal) seguido de queda brusca, o que no verão pode não ser muito significativo e, principalmente a variação na direção do vento na estação. Nas horas ou dias que antecedem a passagem da frente fria, o vento na região Sul do Brasil predomina de Nordeste e, após a passagem da frente fria, muda de direção e, pelo menos nas próximas seis ou dez horas, permanece soprando de Sudeste (VAREJÃO, 2000).

No verão, a frequência de frentes frias que passam pelo Sul do Brasil é de três a quatro por mês, mas em alguns anos ou meses podem ocorrer episódios de passagem de frente para mais ou para menos, como em casos de bloqueio atmosférico. As frentes frias são de grande importância por ser o sistema que pode aportar chuva melhor distribuída, com volumes significativos, especialmente no Oeste e Meio-Oeste catarinense, onde os CCMs apenas fazem uma contribuição complementar. Em anos em que as frentes passam preferencialmente pelo litoral Sul e Sudeste do Brasil ou encontram o ar muito seco, ocorrem períodos de estiagem e até secas, principalmente em janeiro e fevereiro. No Planalto Sul de Santa Catarina, mesmo que os volumes de chuva não sejam significativos, é a periodicidade (pelo menos uma vez por semana) que tem mais probabilidade de acontecer, mantendo a maior umidade na região (ANDRADE; CAVALCANTI, 2004).

1.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Radiação solar

A radiação solar é a energia recebida pela Terra através de ondas eletromagnéticas provenientes do sol. A radiação solar é a fonte de energia para quase todos os fenômenos atmosféricos. Essa energia viaja pelo espaço, sem transmissão por meio físico, até chegar à Terra. Quanto à distribuição espectral da radiação solar, mais de 99% da energia está contida na faixa de comprimentos de onda entre 0,3 e 4 microns. Devido a esses pequenos comprimentos de onda, a radiação solar é denominada de radiação de onda curta. Três faixas são definidas no espectro: (i) radiação ultravioleta, para comprimentos de ondas menores que 0,4 microns; (ii) radiação visível de 0,4 a 0,7 microns e (iii) radiação infravermelha, acima de 0,7 microns. As porcentagens

aproximadas em energia, nessas três faixas, são 9, 41 e 50% (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980). A intensidade calorífica que chega ao topo, ou superfície mais externa da atmosfera é uma constante (constante solar) cujo valor é de 2 calorias por minuto, equivalente à incidência dos raios solares perpendicularmente a uma superfície de um centímetro quadrado. A atmosfera faz absorção seletiva da radiação solar, absorvendo as de onda curta (ultravioleta ou química), deixando passar as de comprimento intermediário (luminosa) e, de forma variável, as de onda longa, cuja passagem será proporcional à presença de vapor d'água no ar (nebulosidade) (DE FINA, 1973). A absorção da radiação altera os valores de temperatura e luminosidade que chegam às camadas mais próximas da superfície terrestre. A cobertura do solo (vegetação, tipo de solo, superfícies de água, construções entre outros) interfere na radiação solar que é refletida de volta para atmosfera. A radiação solar varia durante o ano em função da duração do dia, nas latitudes mais altas nos dias de maior duração (verão), os raios solares são mais perpendiculares à superfície (DE FINA, 1973).

A quantidade e a qualidade da radiação em determinado local variam com latitude, longitude, altitude, ângulo de elevação solar que é função da hora do dia, época do ano, teor de umidade do ar, exposição do terreno e cobertura do céu (nebulosidade). O balanço de radiação ou seus componentes podem ser medidos através de instrumentos chamados de piranômetro, actinógrafo, pireliômetro ou sensores específicos, por exemplo, para radiação fotossinteticamente ativa (PAR). O heliógrafo mede o número de horas de brilho solar em estações convencionais (VIANELLO; e ALVES, 1991; TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

O índice heliotérmico é um índice que estima potencial heliotérmico em condições específicas, levando em consideração as condições térmicas predominantes durante o período diário, a partir da soma de temperatura média e máxima diária, descontando a temperatura basal (10 °C) e dividindo-se por dois (HUGLIN, 1978). Leva-se em consideração, também, o comprimento do dia, com fator de correção k (entre 40° e 50° o este fator varia de 1,02 a 1,06).

A riqueza de açúcares da uva madura está diretamente relacionada à insolação, ou seja, à intensidade e à duração das radiações luminosas sobre as folhas e os cachos. Quanto maior a luminosidade, mais intensa é a cor da uva (MOTA et al., 2006).

Temperatura

A variação anual da temperatura do ar é determinada basicamente pelo curso anual da radiação solar global que fica claramente diferenciada em duas estações, inverno e verão. A variação diária da temperatura depende da energia solar transferida para as camadas atmosféricas até o solo. Durante esse processo, o vento tem grande importância porque pode provocar turbulência e mistura de ar nas camadas inferiores. O solo se aquece mais rapidamente e demora cerca de duas horas para transferir calor para as camadas de ar até dois metros acima da superfície. Em geral, não havendo interferência de nebulosidade ou chuva, as temperaturas máximas ocorrem entre 14 e 15 horas, aproximadamente duas horas após o momento de maior incidência dos raios solares. A variação diária da temperatura segue uma curva senoidal, e os horários de temperatura mínima normalmente ocorrem antes do nascer do sol, quando não há nebulosidade ou chuva. A cobertura vegetal, a posição sobre o continente e/ou a proximidade do mar interferem na amplitude térmica diária (diferença entre temperatura máxima e mínima). Áreas desérticas e as mais continentais têm maior amplitude térmica. As temperaturas são modificadas por certos fatores, dentre os quais os mais importantes são a altitude, a continentalidade e as características da superfície do solo (albedo, tipo de vegetação etc.), latitude, longitude, topoclima, época do ano, horas do dia e ocorrência de chuva (VIANELLO; ALVES, 1991).

A medição da temperatura do ar pode ser feita através de termômetros ou de termógrafos. Os valores instantâneos da temperatura do ar são medidos por termômetros comuns de mercúrio. Os valores extremos diários são medidos por termômetros de extrema, isolados ou combinados. Nas estações automáticas são utilizados os sensores de temperatura e os registros são realizados de acordo com a programação do equipamento de registro.

As variações do ângulo zenital, que resultam em dias mais longos e raios solares mais verticais no verão e o oposto no inverno, com raios de incidência oblíqua e com dias mais curtos, juntamente com a dinâmica das massas de ar, são responsáveis pela variação da temperatura no decorrer do ano (NIMER, 1989).

Pode-se dizer que a temperatura afeta a maioria dos processos fisiológicos das plantas. A produtividade ou o potencial produtivo de cada espécie é afetado pelas temperaturas, existindo limites ótimos para

o adequado crescimento e desenvolvimento de cada espécie. As temperaturas em torno de 27°C são propícias para o amadurecimento da uva e o calor contribui para aumentar os teores de açúcares. A temperatura ideal para a fotossíntese situa-se entre 20 e 27°C (KISHINO; CARVALHO; ROBERTO, 2007).

O conhecimento da fenologia da videira permite conhecer o desenvolvimento da cultura, determinando-se qual é o período de cada fase de desenvolvimento, possibilitando racionalização e otimização das práticas culturais (MANDELLI et al., 2004).

Para Pedro Júnior et al.(1994), o comportamento fenológico da videira e suas exigências climáticas são importantes parâmetros que o vitiviniculor pode utilizar para o conhecimento antecipado das prováveis datas de colheita, indicando o potencial climático da região para produção e permitindo o planejamento das atividades agrícolas. A caracterização das exigências térmicas para a videira pode ser realizada utilizando-se o índice de Graus-Dia (GD) de Winkler (WINKLER et al., 1974). Avaliando as exigências térmicas da videira Niagara Rosada, Pedro Júnior et al. (1994) constataram que o total de graus-dia necessários para completar o ciclo era dependente do local analisado, utilizando temperatura-base de 10°C.

Na região Norte do Paraná, a demanda térmica para que a videira *Cabernet Sauvignon* completasse o período da poda para colheita foi de 1295,8 GD com Tb 10°C, sendo que, no período da maturação à colheita, foi de 341,1 GD (SANTOS et al., 2007).

Em Santa Catarina, o Zoneamento da Videira Europeia, Safra 2001/2002, utilizou a exigência em graus-dia como critério para estabelecimento da cultura no Estado. O cultivo de *Cabernet Sauvignon* foi enquadrado num Grupo II, com exigências em graus-dia entre 1100 e 1300 para a região de São Joaquim (BRAGA, et al., 2001).

Na Serra Gaúcha, Mandelli et al. (2004) determinaram que a *Cabernet* apresentou demanda térmica de 1553,6 GD, considerando Tb de 10°C. Em São Joaquim, Martins (2006) ao avaliar fenologia e graus-dia para *Cabernet Sauvignon*, encontrou um acúmulo de 967°C entre a fase pintor à colheita e 1613 °C GD em 192 dias (da brotação à colheita).

O número de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de determinado valor é um índice bastante utilizado nos estudos do efeito do nível térmico sobre o desenvolvimento vegetal (POLA; ANGELOCCI, 1993).

Segundo Tonietto e Mandelli (2003) a maior atividade fotossintética da videira é obtida na faixa de temperaturas que vai de 20°C a 25°C, sendo que temperaturas a partir de 35°C são excessivas. Na estação de verão e período de maturação das uvas, temperaturas diurnas amenas possibilitam um período de maturação mais lento, favoráveis à qualidade. Noites frias favorecem o acúmulo de polifenóis, especialmente as antocianinas, nas variedades tintas, e a intensidade dos aromas nas variedades brancas. Condições térmicas muito quentes podem resultar na obtenção de uvas com maiores teores de açúcares, porém com baixa acidez. O regime térmico no período da maturação da uva é uma das principais variáveis na coloração da baga e na riqueza de aromas, antocianinas e polifenóis do vinho.

A amplitude térmica é um fator importante na fisiologia vegetal, influencia o equilíbrio fotossintético/respiratório da planta e, conseqüentemente, o acúmulo energético, estando diretamente relacionada na biossíntese de compostos fenólicos (GONZÁLEZ et al., 2007).

Umidade do ar

Umidade do ar é o vapor que existe na atmosfera e umidade relativa do ar é a relação percentual entre a concentração de vapor d'água existente no ar e concentração de saturação nas mesmas condições de pressão e temperatura em que o ar se encontra (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980). A umidade relativa do ar pode variar de 0 a 100%, assumindo o valor máximo quando a atmosfera estiver saturada (VIANELLO; ALVES, 1991).

A umidade do ar ou vapor d'água na atmosfera tem grande importância nos balanços de energia próximos à superfície do solo e no ciclo hidrológico. Dentre as funções mais importantes tem a de regulador térmico, absorvendo radiação solar e reemitindo essa radiação para o meio, alterando a temperatura nas áreas próximas. Nos processos de mudança de fase (condensação e evaporação), há absorção ou liberação de calor, com o conseqüente resfriamento ou aquecimento do ar circunvizinho. O vapor d'água, na forma de nuvens, transporta calor e água pelas diversas regiões da Terra (VIANELLO; ALVES, 1991).

O vapor d'água obedece às leis da termodinâmica que relacionam pressão de saturação do vapor d'água e temperatura (VIANELLO; ALVES, 1991). A umidade relativa varia inversamente

com a temperatura: mais elevada durante a noite, especialmente, no final da madrugada e mais baixa no começo da tarde, quando a temperatura é mais elevada (MONTEIRO, 2007).

Além da variação da umidade relativa estar relacionada a outros elementos climáticos e aos sistemas atmosféricos, o relevo possui influência significativa. As localidades de maior altitude apresentam umidade relativa mais baixa em relação às costeiras e a diferença torna-se mais evidente no inverno e primavera. Esse fato pode ser explicado pelo efeito do relevo, pois dentro da Troposfera os valores de umidade relativa tendem a diminuir com a altitude (MONTEIRO, 2007).

Precipitação

Precipitação é o processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre. A precipitação ocorre sob as formas pluvial (chuva), de granizo e de neve (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980). As precipitações se originam de nuvens formadas pelo resfriamento por expansão adiabática de massas de ar que se elevam na atmosfera. De acordo com o mecanismo que origina a elevação da massa, as precipitações podem ser dos tipos orográfico, convectivo ou frontal.

O tipo de nebulosidade determina as características da chuva. A nebulosidade estratiforme, de menor desenvolvimento, é responsável por chuva persistente e mais homogênea, na maioria das vezes associadas à circulação, quando a umidade do mar penetra no continente por algumas dezenas de quilômetros. A nebulosidade do tipo cúmulos ou *cumulonimbus* com grande desenvolvimento vertical tem maior capacidade de conter água. (VIANELLO; ALVES, 1991).

O regime pluviométrico anual é diferente nas várias regiões do Brasil. Na região Sul as precipitações mensais variam pouco ao longo do ano, não existindo diferenciação de períodos mais ou menos chuvosos (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

A precipitação no Estado de Santa Catarina é bem distribuída em todos os meses do ano, mesmo assim é possível observar períodos com maior ou menor volume de chuvas, em associação à variabilidade intersazonal dos sistemas atmosféricos atuantes no Sul do Brasil (NIMER, 1989).

O padrão de chuvas em Santa Catarina pode ser modificado por oscilações climáticas de caráter interanual. Entre os fenômenos

responsáveis por anos mais ou menos chuvosos, no Estado, está o ENOS (El Niño-Oscilação Sul), que pode se repetir a cada dois ou cinco anos (GRIMM, 1998). Episódios do ENOS estão associados a anomalias de TSM (Temperatura da Superfície do Mar) na região do Oceano Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a Austrália, e influenciam a circulação geral da atmosfera, modificando os padrões de clima em diversas partes do globo.

WESTPHALEN (1977), baseado em observações no Rio Grande do Sul, verificou que, nos anos que as precipitações pluviométricas escasseiam no verão e os dias são de alta insolação, o teor de açúcar atinge os valores desejáveis de 19,5% a 22% e acidez total adequada. Mesmo em verões chuvosos, existindo alta insolação no período que vai de meados ao final da maturação da uva e na época da vindima, o teor de açúcar natural é satisfatório, dispensando a adição de açúcar no vinho. A maturação fica mais uniforme, e a podridão das uvas é muito pequena, mesmo nas cultivares mais suscetíveis. Para caracterizar as condições favoráveis e desfavoráveis à boa maturação da uva, utiliza-se o “índice heliopluiométrico de maturação”. Esse índice corresponde ao quociente do total de horas de insolação acumulados diariamente de dezembro a fevereiro, pelo total da precipitação pluviométrica no mesmo período. Um determinado nível de estresse hídrico pode melhorar a qualidade da uva e também o vinho (ONCINS et al., 2005). Para Bevilaqua (1995), as precipitações interferem na acidez e no teor de açúcares da uva, além da questão de sanidade vegetal. Posteriormente também interferem nas características do mosto, causando, quando em excesso, perda da qualidade do produto na elaboração do vinho.

Vento

Chama-se vento ao ar em movimento com direção aproximadamente horizontal. O vento em qualquer ponto da atmosfera é representado por um vetor, vetor velocidade do vento, dotado de dois parâmetros: direção e velocidade (módulo). A direção do vento é indicada pela sua procedência, por exemplo, o vento de Norte indica um vento que procede de Norte para Sul. Para a velocidade do vento é considerada a intensidade média do vento durante algum período de tempo, já que o vento apresenta variações, oscilações de intensidade. Assim como outras variáveis atmosféricas, o vento também tem variações diárias e análogas às da temperatura. Durante a noite, com

frequência, ocorre inversão de temperatura nas camadas inferiores da atmosfera que são mais frias, pesadas, estáveis e, conseqüentemente, mais calmas e por isso o vento é mais fraco. Durante o dia as camadas inferiores são mais quentes, o ar mais leve e o equilíbrio instável, gerando maior turbulência (DE FINA, 1973). A velocidade do vento à superfície varia bastante com o tempo e se caracteriza por intensas oscilações, cuja rapidez e amplitude estão relacionadas com o estado de agitação do ar, que constitui a turbulência. Essa agitação denuncia a passagem, pelo local de observação, de turbilhões de diferentes tamanhos (VAREJÃO-SILVA, 2001).

A direção e a intensidade são grandezas instantâneas e pontuais, pois o escoamento do ar depende das condições atmosféricas que variam no espaço e no tempo. Nas proximidades da interface superfície-atmosfera, o vento é altamente influenciado pelas características geométricas e pelo estado de aquecimento da própria superfície subjacente (VAREJÃO-SILVA, 2001). Segundo Nimer (1989), o padrão de ventos para a região Sul do Brasil é determinado pela ação de dois centros de alta pressão: Anticiclone do Atlântico Sul e Anticiclone Migratório Polar.

Em pequena escala, vento local é gerado pelo aquecimento diferenciado, sobre superfícies com diferente capacidade térmica, como a água de lagos e de oceanos próximas a áreas terrestres, gerando brisa marítima e terrestre nas superfícies terrestres com diferente inclinação em relação à incidência dos raios solares, gerando a brisa de montanha-vale ou o vento Foehn. Em grande escala, o aquecimento diferenciado da Terra do Equador aos Polos, os movimentos de rotação e translação definem a circulação geral dos ventos pelo Planeta, transportando as diferentes massas de ar e propiciando sua mistura, com a conseqüente ocorrência de fenômenos meteorológicos (DE FINA, 1973 e VIANELLO; ALVES, 1991).

1.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA REGIÃO APTA AO CULTIVO DE *CABERNET SAUVIGNON* EM SANTA CATARINA

A região de São Joaquim possui um clima frio, úmido, de noites frias, diferenciando-se dos encontrados em outras regiões produtoras de vinhos finos brasileiras, principalmente por apresentar um clima vitícola mais frio e noites mais frias.

A classificação climática de Köppen procura levar em conta a precipitação efetiva, ao considerar a chuva nas estações quente e fria; entretanto, esse detalhe é considerado insatisfatório, já que não se discute o caráter didático da classificação a qual permite adaptações, sendo simples e detalhada, além de apresentar caráter quantitativo, com valores numéricos para definir os limites das zonas climáticas (VIANELLO; ALVES, 1991).

De acordo com o Atlas Climatológico Digital do Estado de Santa Catarina (PANDOLFO et al., 2002), o Estado está dividido entre os climas Cfa e Cfb, estando as áreas de cultivo de uvas para produção de vinhos de finos na Zona Cfb.

No Planalto Sul Catarinense, devido às altitudes que variam cerca de 500 a até 1800 metros, situa-se a parte mais fria do Estado, com inverno rigoroso e prolongado, onde é frequente a ocorrência de geadas e nevascas, com temperaturas que podem atingir 15°C negativos. Os municípios Bom Jardim da Serra, São Joaquim, Urubici e Urupema são os mais frios do Estado e estão entre os mais frios do Brasil.

As médias de amplitude térmicas anuais médias, mínimas e máximas da região do Planalto Sul variam entre < 11 a 18°C, <8 a 13°C <17 a 24°C, respectivamente.

O clima temperado classificado como Cfb mesotérmico úmido apresenta boa distribuição das chuvas ao longo do ano, todavia sofre uma pequena diminuição nos meses do inverno, porém não chega a ocasionar uma estação seca, sendo que a somatória da precipitação anual varia de 1300 a 1900 mm (PANDOLFO et al., 2002).

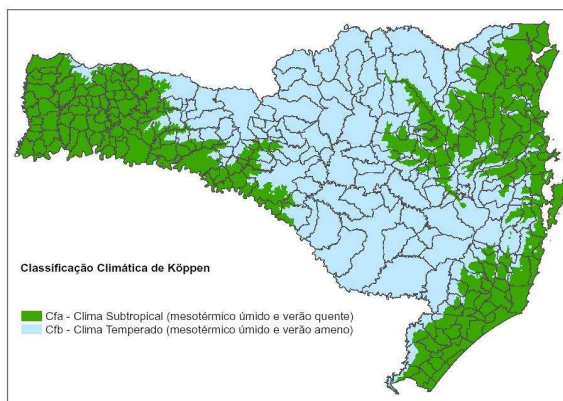


Figura 1.1 Classificação de Köppen. Estado de Santa Catarina.

Fonte: Pandolfo et al. (2002)

A média anual de amplitude térmica nessa região varia de 14 a 19°C. A temperatura média anual das máximas varia de 20°C a 26°C e das mínimas de 9 a 13°C. Com um clima caracteristicamente temperado, nas épocas mais frias do ano, conseqüentemente, a probabilidade da ocorrência de geadas permanece alta, entre 70 e 100% (PANDOLFO et al., 2002).

A precipitação pluviométrica total anual, de acordo com a análise feita no Atlas climatológico digital de Santa Catarina, pode variar de 1.300 a 2.100 mm, bem distribuídos nas quatro estações do ano (PANDOLFO et al., 2002).

1.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície quantidades colossais de gases que formaram, de tempos em tempos, uma espécie de bolha gasosa sobre o planeta, criando um efeito estufa natural. Ocorre que, atualmente, a atividade industrial está afetando o clima terrestre na sua variação natural, o que sugere que a atividade humana é um fator determinante no aquecimento (MARENGO, 2006).

Diante da problemática das mudanças climáticas globais, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e a UNEP (*United Nations Environment Programme*), criaram o IPCC (*Intergovernmental Panel On Climate Change*), em 1988. O IPCC é uma entidade formada por cientistas de todo o mundo, com o objetivo de estudar e divulgar abertamente as informações técnicas e sócioeconômicas e os impactos relevantes aos riscos à humanidade, visando criar mecanismos para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais.

O quarto relatório do painel de cientistas, divulgado em 2007, traçou cenários que podem ocorrer até 2100, tão mais desoladores quanto menor for a mitigação para conter as emissões de gases de efeito estufa. O documento indica uma variação extrema entre 1,1°C e 6,4°C até o final do século 21. São relatados dois cenários, o A2, mais pessimista e o B2, um pouco mais otimista. No A2 a variação estimada de aumento da temperatura fica entre 2°C e 5,4°C; no B2 a variação de 1,4°C a 3,8°C. No cenário B2, o mundo encara o problema do aquecimento global com ênfase em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. A população aumenta

continuamente, mas em ritmo menor que no A2. As mudanças tecnológicas não serão muito rápidas, porém mais diversificadas, o que permitirá uma emissão menor de gases de efeito estufa (IPCC, 2007).

O Brasil, com sua extensa dimensão continental, possui uma considerável heterogeneidade climática, tipos de solo e topografia que imprimem condições favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento de determinadas culturas. Considerando-se os prognósticos futuros de aumento da temperatura do ar, pode-se admitir que, nas regiões climatologicamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado de plantas agrícolas, a anomalia positiva que venha a ocorrer poderá ser desfavorável ao desenvolvimento vegetal. Quanto maior a anomalia, menos apta se tornará à região, até o limite máximo de tolerância biológica ao calor. Por outro lado, outras culturas mais resistentes a altas temperaturas, provavelmente serão beneficiadas, até o seu limite próprio de tolerância ao estresse térmico. No caso de baixas temperaturas, regiões que atualmente sejam limitantes ao desenvolvimento de culturas suscetíveis a geadas, com o aumento do nível térmico devido ao aquecimento global, passarão a exibir condições favoráveis ao desenvolvimento da planta. Uma avaliação da variabilidade climática ao longo do tempo no Brasil mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como a temperatura do ar (ASSAD et al., 2004).

As ferramentas comumente adotadas para obter e avaliar projeções climáticas passadas e futuras são os modelos de clima que podem ser: Modelos Globais Atmosféricos (GCMs) ou Modelos Globais Acoplados Oceano-Atmosfera (AOGCMs) (MARENGO, 2006). Esses modelos numéricos provêm de uma visão tridimensional do sistema climático, descrevendo os principais processos físicos e dinâmicos, assim como as interações entre as componentes do sistema climático e os mecanismos de retroalimentação (*feedbacks*) entre os processos físicos. Esses modelos podem simular climas futuros em nível global e regional como resposta a mudanças na concentração de gases de efeito estufa que tende a aquecer o planeta, ao passo que aerossóis têm um efeito de esfriamento (MARENGO, 2006).

Ao passar de cada ano, em diferentes regiões do mundo, as características do clima não se apresentam da mesma forma. Invernos mais quentes, ainda com fortes incidências de eventos extremos de frio, assim como, períodos de estiagem mais prolongados e tempestades severas mais intensas são alguns exemplos de alterações climáticas que

têm causado grandes impactos à sociedade (CAMARGO; BRAGA; ALVES, 2006).

Segundo Marengo (2006), existem evidências de que eventos extremos, como secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades, têm afetado diferentes partes do planeta e produzido enormes perdas econômicas e de vidas.

O aquecimento observado em todo o País tem sido detectado especialmente no inverno, cuja temperatura mínima tem apresentado uma taxa de aquecimento maior que a temperatura máxima (MARENGO, 2006).

A economia da região Sul é basicamente dependente da agricultura e, desse modo, existe uma estreita ligação entre as alterações climáticas e seus efeitos sobre o desempenho da agricultura. O uso de cenários agrícolas, simulando-se as mudanças climáticas, permite estimar os impactos dessas mudanças na agricultura e propor estratégias de atuação por parte dos envolvidos no setor agrícola, desde o governo até o setor privado, para desenvolver pesquisas em melhoramento genético, manejo agrícola e escolha de espécies promissoras adaptadas aos novos panoramas climáticos (PANDOLFO et al., 2007a e 2007b).

Estudos realizados por pesquisadores da Epagri/CIRAM mostram a importância de se avaliar os impactos causados pelas alterações do clima, que interferem diretamente nas atividades agrícolas do Estado catarinense. Essas análises são feitas com utilização de séries históricas de dados atmosféricos, perante isso, dados diários de temperatura do ar e precipitação são de extrema importância, quando se realizam pesquisas em escalas de tempo de um dia a meses e, em particular, em nível regional (CAMARGO ; BRAGA; ALVES, 2006).

Para Santa Catarina, estimativas dos impactos causados pela elevação linear de 2°C nas temperaturas médias, máximas e mínimas do ar, mantendo o total de precipitação, foram apresentadas para as culturas de banana e maçã (PANDOLFO et al., 2007b) as quais mostraram a redução das áreas de indicação para plantio de maçã de todos os grupos (diferentes exigências em frio) e ampliação da área de plantio para banana, registrando a possibilidade do aumento de pragas e doenças.

Jones (2006), trabalhando em escala global, relata que as análises mostram que nas melhores regiões produtoras de uva há um indicativo de aquecimento previsto em torno de 1,3°C nos próximos 50 anos. Esse aquecimento não é uniforme nas regiões que apresentam os maiores aumentos de temperatura no Oeste dos Estados Unidos e Europa, com menor aquecimento no Chile, África do Sul e Austrália. O maior

aquecimento foi observado na Península Ibérica, Sul da França e partes de Washington e Califórnia, chegando a valores maiores que 2,5°C.

Foram desenvolvidas diversas pesquisas para quantificar o impacto das mudanças climáticas sobre a videira e, por exemplo, observou-se que na Califórnia, Oeste dos Estados Unidos, através da quantificação de temperaturas e graus-dia médios durante a estação de crescimento, frequência de ocorrência de geadas, datas das primeiras geadas, as regiões apresentam temperaturas mais amenas, principalmente pela mudança das temperaturas mínimas, decréscimo da ocorrência de geadas e maior acúmulo de energia. Os estudos indicam um aumento de 1,7°C na estação de crescimento nos próximos 50 anos. Dependendo da grandeza e de como se apresentarão as mudanças de clima sazonalmente no futuro, estratégias diferentes devem ser tomadas pela indústria do vinho, incluindo deslocamento potencial na viabilidade varietal regional e melhoramento genético para possibilitar o cultivo de variedades adaptadas a regiões de temperaturas mais brandas (JONES, 2006).

1.5 FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DE Videira

Na hora de estudar os fatores que influenciam na qualidade intrínseca é comum fazer a distinção entre os parâmetros relacionados com o meio (clima e solo) e a planta (variedade e padrão) e as atividades humanas ligadas à produção e transformação dos produtos da videira (Figura 1).

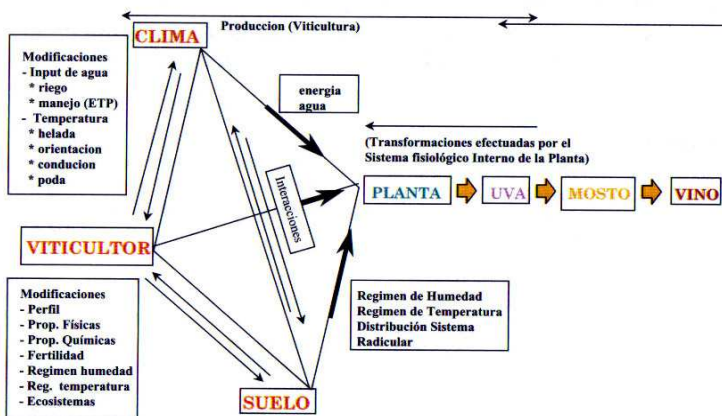


Figura 1.2 Relação entre os fatores do meio e os demais fatores que influenciam na produção dos vinhos de qualidade (RUIZ E GÓMEZ-MIGUEL, 1999).

Sabe-se da importância do fator solo nos cultivos da *Vitis vinifera*, no entanto, não serão aqui apresentados, pois o enfoque deste trabalho é climático.

Diversos fatores influenciam na maturação da uva, podendo ser divididos em quatro grupos, conforme sua ocorrência e possibilidade de interferência pelo homem (MOTA et al., 2006):

- fatores permanentes: não variam de um ano a outro, sendo a região, o solo, a variedade e o porta-enxerto;
- fatores variáveis: aqueles que não estão sujeitos à atividade humana e estão relacionados com o clima anual. Estabelecem o ritmo do ciclo vegetativo da planta e são constituídos pela temperatura, luz e umidade;
- fatores modificáveis: referem-se às práticas culturais, como poda, adubação e irrigação;
- fatores acidentais: incidência de doenças e alterações climáticas, como geadas, granizo e seca.

1.5.1 Variáveis climáticas

O clima, através de elementos, como radiação solar, temperatura do ar, chuva, velocidade do vento, umidade relativa e molhamento foliar, interfere na cultura da videira em todas as suas fases, tanto no desenvolvimento e crescimento das plantas, como na inter-relação dessas com as pragas e as doenças - estes são os grandes responsáveis pela grande produtividade da cultura (SENTELHAS, 1998).

Segundo Mandelli (2002), é indicado o valor médio de 10°C de temperatura mínima basal para videira e, esta significa o limite abaixo do qual não ocorre crescimento vegetativo, mas pode ser variável segundo os anos e cultivares. As condições mais próximas do ótimo para as videiras seriam as que apresentassem temperaturas no inverno de 7 a 9°C, de curta duração, com geadas para melhor descanso, insolação intensa, umidade relativa média do ar de 62 a 68% e regime de chuvas entre 630 e 750 mm anuais.

Baixas temperaturas noturnas que provocam uma alteração hormonal é que determinam a parada de crescimento vegetativo e o início da maturação com seus consequentes acúmulos de açúcar e de substâncias fenólicas, assim como de alguns precursores de aroma. Nos vinhedos de altitude de Santa Catarina foram observados, para o cultivo

de *Cabernet Sauvignon*, redução drástica do crescimento vegetativo a partir do mês de março (ROSIER, 2003). Segundo Silva, Borghезan e Vieira (2008), o planalto catarinense nas regiões de altitude, está classificado nas consideradas “Zonas Alpha”, onde o final de maturação das uvas ocorre no outono, quando os dias apresentam temperaturas moderadas e noites frescas, com temperaturas abaixo de 15°C, assegurando valores adequados de açúcar, acidez e pH, com cor, sabor e aromas ótimos. De forma geral, a videira em climas quentes fornece mostos ricos em açúcares e pobres em acidez e o inverso em climas frios (MOTA et al., 2006).

Nos processos fisiológicos, a luz é indispensável para a videira no processo de fotossíntese. Segundo Sentelhas (1998), a videira necessita entre 1200 a 1400 horas de brilho solar (insolação) para completar o ciclo, em função da cultivar considerada. A quantidade de luz também interfere na qualidade dos frutos e coloração dos ramos.

Conforme Kishino, Carvalho e Roberto (2007), parte dos ramos novos que recebem luz é mais pigmentado de vermelho - a incidência uniforme e adequada de luz no cacho propicia produção de cacho com bagas de coloração uniforme, as bagas localizadas na parte sombreada do cacho normalmente são mais verdes e menos doces. Com a incidência de quantidade adequada de luz, a casca da baga torna-se mais colorida e mais espessa. O “golpe de sol” é a incidência de radiação solar forte nas bagas na fase de pré-amolecimento. A luz também ajuda na diferenciação das gemas, também ajudando no controle de infestações de cochonilhas. Temperaturas acima de 30°C, com umidade do ar baixa, podem provocar a escaldadura no fruto.

O período compreendido entre a maturação e a colheita é o que mais define a qualidade da colheita. Durante esse período, dias ensolarados e com reduzida precipitação são fundamentais para a obtenção de uvas sadias e com equilibrada relação açúcar/acidez, dentre outros componentes, características essas essenciais para a elaboração de vinhos de qualidade (MANDELLI, 2006). O autor destaca que é importante também analisar, além da quantidade da precipitação, a sua intensidade, distribuição e o número de dias de chuva de maior intensidade, intercaladas pela sequência de dias ensolarados, que são menos prejudiciais à qualidade das uvas do que a sequência de alguns dias nublados e/ou de menor volume de precipitação.

Quando o período de maturação se caracteriza por dias ensolarados, com pouca chuva e temperaturas amenas, ocorre inibição da podridão das uvas, permitindo a colheita quando os frutos apresentam

casca, polpa e sementes em estágio ideal de maturação. Com essas condições, as bagas podem sintetizar e acumular mais açúcares, pigmentos, taninos, substâncias aromáticas e seus precursores. Com restrições hídricas, a videira produz frutos mais concentrados em açúcares e substâncias orgânicas e minerais (GUERRA et al., 2005).

As flutuações dos teores de açúcares e ácidos na fase da maturação devem-se a fenômenos de diluição ou dessecação das bagas, ocasionados por ocorrência de chuvas ou por períodos de seca, respectivamente (MOTA et al., 2006).

1.5.2 Aspectos fenológicos da videira

O conhecimento dos estádios fenológicos é uma exigência da viticultura moderna, uma vez que possibilita a racionalização de práticas culturais, que são indispensáveis para o cultivo da videira. Exemplifica que a data da brotação possibilita a organização da poda e a determinação da data do tratamento fitossanitário de inverno. Já a data da floração relata ser fundamental para o monitoramento e controle das podridões do cacho, assim como a data da maturação das uvas possibilita a organização dos trabalhos de campo, como a colheita e o transporte, e da vinícola, como o recebimento e o uso de equipamentos enológicos (MANDELLI et al., 2003).

De acordo com Martins (2006), o “intervalo de tempo entre o início da brotação e a queda das folhas das videiras definiu a duração do ciclo vegetativo. O tempo que a videira permaneceu em repouso vegetativo, período sem atividade de crescimento e sem folhas, caracterizou a dormência da planta”.

Em vinhedos, da região de São Joaquim, foi observado que o ciclo médio (período compreendido entre poda e colheita) da *Cabernet Sauvignon* é de 217 dias com maturação tardia, sendo que as colheitas ficam na segunda quinzena de abril, naquelas avaliadas na Estação Experimental da Epagri. Dados comparativos de fenologia para essa mesma variedade, em vinhedos cultivados à altitudes diferentes; a duração do ciclo variou de 182 a 224 dias com variação de 950 m a 1400 m, respectivamente (BRIGHENTI; BONIN, 2008).

A classificação de variedades, segundo a época de maturação, permite implantar vinhedos com cultivares que apresentam fenologias diferentes, a fim de facilitar as práticas culturais, bem como, o escalonamento da colheita e da vinificação. Conhecendo-se a data média

de maturação para as diferentes variedades, é possível programar a sequência das variedades a serem colhidas e industrializadas (MANDELLI et al., 2003).

Em trabalho conduzido na Serra Gaúcha, o número de dias do início da maturação (mudança de cor das bagas) e do final da maturação (colheita) da cultivar *Cabernet Sauvignon* foi em média de 48 dias. Naquela região, a cultivar foi classificada como de terceira época de maturação (MANDELLI et al., 2003).

1.5.3 Indicadores da qualidade do vinho

Na composição química da uva existem vários compostos orgânicos, entre os quais os compostos fenólicos que são influenciados pela interação da variedade com o clima, sendo que o homem pode influenciar o microclima do dossel vegetativo, a fim de melhorar a qualidade e teores de compostos fenólicos dos vinhos. Os compostos fenólicos são importantes em enologia, uma vez que participam da cor do vinho, das características gustativas de suavidade, dureza, do sabor adstringente e, de alguma forma, do aroma que são influenciados pelo pH e acidez volátil (FREITAS, 2006).

Do ponto de vista da cultura em si e do fruto, uma série de componentes pode ser quantificada para monitoramento dos cultivos e levantamento das potencialidades de produção de frutos e vinho, entre eles: fenóis, ácidos, açúcares e outras substâncias.

Conforme Maraschin (2003), sob o aspecto tecnológico, a composição fenólica é um fator determinante das características adaptativas da videira, podendo ser utilizado como um parâmetro de monitoramento do processo de produção da matéria-prima e da potencialidade do vinho.

Guerra (2002) descreve que o vinho é composto de água, álcoois, ácidos orgânicos, açúcares, polifenóis, minerais, proteínas e peptídeos, polissacarídeos, vitaminas e compostos aromáticos; sendo o etanol o principal álcool presente nos vinhos, e os ácidos tartárico, málico, cítrico e láctico os principais ácidos orgânicos. Já os polissacarídeos atuam sobre a manutenção em suspensão de moléculas importantes para a longevidade do vinho. Essas substâncias originárias da uva variam em função da variedade, das condições edafoclimáticas, da topografia, da localização do vinhedo e do manejo. O autor relata que todos compõem

a chamada tipicidade do vinho, que se forma durante a maturação da uva e constitui parte de seu potencial enológico.

Segundo Bevilaqua (1995), bons vinhos possuem equilíbrio entre suas características organolépticas e analíticas, oriundos de uvas colhidas maduras com características relacionadas à sua composição.

Quanto às condições meteorológicas que mais influenciam na qualidade dos vinhos tintos destacam-se a duração, intensidade e qualidade da luz em oposição à ocorrência de nuvens, nevoeiro e cerração que reduzem a intensidade luminosa (SIMÃO, 1971).

Para Guerra (2002), o acompanhamento da maturação das uvas e os testes de vinificação são ferramentas utilizadas em todo o mundo vitícola e são estudos importantes para a definição da época de colheita e para o potencial vitivinícola de uma região. Além disso, as análises químicas possibilitam determinar a quantidade dos elementos na planta que poderão vir a constituir o vinho, como produto final da atividade - isso é de um valor indiscutível para o estudo das características de um cultivo.

Freitas (2006) relata que, em anos que apresentaram precipitação pluvial mais elevada e pouca insolação durante o período de maturação das uvas, houve dificuldades na maturação fisiológica da uva.

De acordo com Rosier (2003), os vinhos produzidos na região de São Joaquim apresentam expressão aromática intensa que salienta a tipicidade varietal, com participação de aromas herbáceos quase nula, o que também os diferencia dos tradicionalmente produzidos no Brasil. O autor cita, entre as principais características gustativas dos vinhos, a maciez dos taninos mesmo em vinhos jovens. A região de São Joaquim possui um clima frio, úmido, de noites frias, diferenciando-se dos encontrados em outras regiões produtoras de vinhos finos brasileiros e difere, sobretudo, por apresentar um clima vitícola mais frio e noites mais frias. As condições climáticas de fevereiro a abril, período de maturação das uvas, possibilitaram a obtenção de frutos com teores de açúcares acima de 22°B e boas características relacionadas à composição polifenólica, em função da intensidade de radiação solar e temperaturas desse período (MARTINS, 2006).

O frio na maturação e as reduzidas horas de insolação no mês de abril, em Santa Catarina, quando é realizada a colheita, não são características climáticas ideais para a produção de açúcar nas uvas e, conseqüentemente, de álcool nos vinhos. Entretanto, os vinhos de *Cabernet Sauvignon* das regiões serranas se caracterizam por

apresentarem teores alcoólicos naturais em torno de 12% (ROSIER, 2005).

Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais (SST) é a medida da concentração de açúcar no mosto de uvas. Os açúcares são produzidos durante a fotossíntese nos vegetais, sendo que a glicose e a frutose são os mais importantes açúcares encontrados no fruto da videira. Dessa forma, o vinho é o produto da transformação fermentativa dos açúcares da uva em álcool e em outros produtos secundários. Para a determinação do ponto de colheita, visando à elaboração de vinhos, o teor de sólidos solúveis totais na uva é um dos critérios mais importantes, sendo que os açúcares representam aproximadamente 90% desse índice (GUERRA, 2002).

Para medir o ponto de maturação da uva no Brasil, utiliza-se o teor de sólidos solúveis totais (°Brix), com o auxílio do refratômetro portátil. Porém, outros compostos, como os polifenóis, são importantes parâmetros considerados na maturação dos frutos (GUERRA, 2002).

Experimentos conduzidos em Jundiá, Estado de São Paulo, com *Cabernet Sauvignon* em cultivos protegidos, mostraram que a modificação no ambiente de cultivo da videira influenciou o acúmulo de sólidos solúveis, tendo sido obtido, durante o ano analisado, valores de Brix° superiores no ambiente externo (FERREIRA et al., 2004).

Silva, Borghezán e Vieira (2008) avaliaram o equilíbrio fisiológico “área foliar total (m²) – produção de uva (kg) em videira e sua influência sobre a qualidade das uvas e dos vinhos de *Cabernet Sauvignon*. Na uva o teor de açúcar (SST) apresentou baixa variação com a redução da área foliar. O acréscimo da área foliar total, alta vegetação, demonstrou uma tendência de maior acidez total e menor pH. A redução dessa área favoreceu nos vinhos aromas florais e frutados, com uma melhor estrutura na boca. Enquanto que, com o aumento da mesma, maior vegetação, os aromas herbáceos foram mais pronunciados e menos agradáveis.

Acidez Total Titulável

A acidez é uma das características gustativas mais importantes dos vinhos e influencia sua estabilidade e coloração. Devido à insolubilização do ácido tartárico, sob a forma de sais, a acidez titulável e o pH podem ser alterados durante a vinificação, de acordo com o teor de potássio da uva (RIZZON; MIELE, 2002). Falcão (2007) relata que no início da maturação, a acidez total foi sempre maior para uvas de vinhedos situados nas mais altas altitudes (1350 e 1415 m) em relação aos demais locais de cultivo testados.

Polifenóis

Um dos principais grupos de compostos químicos presentes em uvas e em vinhos estão sob a denominação de compostos fenólicos. Possuem grande importância em enologia, desempenhando papel chave no desenvolvimento da cor, sabor, adstringência, nível de oxidação dos vinhos e atuando também como marcadores químicos durante a evolução do processo de envelhecimento. Os compostos fenólicos, as antocianinas e os taninos, em particular, são os principais constituintes dos vinhos implicados em fenômenos de oxidação, que se traduzem por alterações de cor (acastanhamento) e evolução do gosto (perda ou aumento da adstringência) (CABRITA et al., 2003).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), os polifenóis são compostos fenólicos oriundos do metabolismo secundário e desempenham uma variedade de funções ecológicas importantes nos vegetais. Descrevem que esses compostos protegem as plantas contra a herbivoria e contra a infecção por microrganismos patogênicos, agem como atrativos para animais polinizadores e dispersores de sementes, bem como atuam como agentes na competição planta-planta. A incidência elevada de luz ultravioleta sobre os tecidos de frutos promove uma maior produção desses metabólitos, devido à ativação de genes responsáveis pela sua rota de síntese.

Na uva, esses compostos possuem grande importância devido à sua influência direta ou indireta sobre a qualidade do vinho elaborado, pois atuam na formação da cor e em grande parte das sensações gustativas (GUERRA, 2001).

Vinhos microvinificados de *Cabernet Sauvignon* e *Pinot Noir*, cultivadas em Lomba Seca no município de São Joaquim, apresentaram cor intensa, riqueza em antocianinas, taninos e polifenóis totais (MARTINS, 2006).

Características Organolépticas

Conforme Rosier (2003), as uvas da variedade *Cabernet Sauvignon*, cultivadas nos climas de altitude (municípios de Água Doce, Bom Retiro, Campos Novos, Iomerê, São Joaquim e Tangará), apresentaram como características marcantes e diferenciadas a maturação fenólica completa. A avaliação organoléptica dessas uvas, em meados do mês de abril, apresentou bagas com coloração intensa, pequena adstringência e taninos macios ao serem mastigadas as cascas. Foram observadas sementes com tonalidades mais escuras, podendo ser considerada como consequência da maturação completa dos taninos.

Nas safras de 1988, 1989 e 1991, no Rio Grande do Sul, os vinhos de *Cabernet Sauvignon* apresentaram-se com cor vermelha e violácios acentuados, com aroma vegetal e herbáceo, notas de pimentão (característica da variedade) e com menor frequência de canela. Logo após a elaboração, o vinho apresenta-se um pouco adstringente, tornando-se macio e suave depois de um certo período de amadurecimento e envelhecimento. Vinho de tipicidade marcante e, por isso, tem boa distinguibilidade (RIZZON; MIELE, 2002).

1.5.4 Os *terroirs*

Terroir é uma expressão francesa que não possui uma tradução para o português, refere-se às condições físicas do local onde são plantados os vinhedos. Engloba as características do solo e subsolo; o regime de chuvas; a intensidade e frequência dos ventos; a inclinação do terreno; a exposição ao sol; a variedade da uva cultivada, e também envolve o saber-fazer do vinhateiro (BARHAM, 2003).

O *terroir* condiciona as características dos vinho, de modo que se pode afirmar que o cultivo da uma variedade com o uso de técnicas culturais similares no mesmo *terroir* deve garantir qualidade e tipicidade constante. Precisamente essa ideia é a que permite compreender a

verdadeira utilidade da cartografia edáfica para o Zoneamento Vitícola (RUIZ; GÓMEZ-MIGUEL, 1999).

A identificação detalhada das características edafoclimáticas (relevo, exposição solar, altitude, declividade, fertilidade e profundidade do solo, geada, vento e granizo) de regiões potenciais ao cultivo da videira e o georreferenciamento dessas áreas se faz necessário, dando suporte à identificação de microclimas especiais ao cultivo, avaliando, então, a potencialidade real do local de estudo e de variedades adequadas.

Existe uma série de fatores ligados à individualidade dos produtos, fazendo com que ele seja típico de um território, isso inclui a história local, a cultura e o saber-fazer que passa de geração à geração.

Para Santa Catarina, os produtos típicos de origem, a partir da incorporação de uma identidade regional e cultural, constituem uma alternativa de grande potencial sócioeconômico para o Estado. De maneira concreta, significa valorizar melhor os recursos que o Estado dispõe, conhecer os potenciais de clima-solo *terroirs*, e reconhecer as tradições e os conhecimentos locais *savoir-faire*, associando-os, a partir daí, ao conhecimento científico necessário à plena expressão do potencial regional ou territorial (ERN; SILVA; VIEIRA, 2005).

O aspecto regional é o elemento que deve ser avaliado em primeiro lugar, quando se planeja instalar um vinhedo, pois é responsável pela diversidade de resultados em matéria de qualidade e tipicidade dos seus produtos (MOTA et al., 2006).

Um aspecto importante a considerar é que as técnicas enológicas de elaboração dos vinhos devem ser adequadas às características da matéria-prima a fim de permitir uma extração completa e fiel das características do conjunto solo, clima e planta, permitindo enaltecer a tipicidade dos produtos (ROSIER, 2005).

Na viticultura, é importante estudar a ecofisiologia e definir parâmetros para o *terroir* e, cientificamente, compreender os fatores determinantes da qualidade da uva e do vinho nas regiões de altitude de Santa Catarina, sendo que o vinho de São Joaquim tem tipicidade em função das características locais de clima, solo e variedade (SILVA, BORGHEZAN; VIEIRA, 2008).

CAPÍTULO II - SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES EM SANTA CATARINA NO PERÍODO DA MATURAÇÃO À COLHEITA DE VIDEIRA (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*

2.1 INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas têm sido realizadas no Estado de Santa Catarina, procurando identificar a relação existente entre os fatores do clima, fenologia e a produção de *Vitis vinifera* var. *Cabernet Sauvignon* (MARTINS, 2006; MALINOVSKI, 2009, SILVA; BORGHEZAN; VIEIRA, 2008, BRIGHENTI; BONIN, 2008). No entanto, ainda não foram relatados estudos da relação de ocorrência dos sistemas atmosféricos no desenvolvimento da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* nem de outras variedades. Considerando-se que uma comunidade vegetal cobre uma grande área de extensão, essa vegetação estará sob o efeito da circulação atmosférica. Nessa escala, os processos que afetam a superfície, em termos de balanço de energia, têm recebido pouca atenção científica e há demanda por gerar modelos que levem em consideração a circulação atmosférica (RUSSEL, MARSHALL; JARVIS, 1989). Portanto, é importante o estudo da interação entre a videira e sistemas atmosféricos.

A região Sul do Brasil sofre regularmente com as variações extremas de tempo atmosférico, com dias ou períodos chuvosos ou de estiagem, com temperaturas rigorosamente baixas ou muito altas, dependendo da estação do ano. O padrão da circulação das massas de ar pelo Sul do Brasil passa a definir alguns sistemas, que possuem características bem particulares. Os que mais se destacam pela sua frequência, no período entre janeiro e abril, são os sistemas de alta pressão, frentes frias, cavados e jatos de médios e altos níveis.

As frentes frias, principais sistemas atmosféricos responsáveis pela ocorrência de chuva no Estado de Santa Catarina, tem uma frequência média semanal e atua em todas as épocas do ano. Outros mecanismos dinâmicos podem ativar os sistemas frontais e intensificar as chuvas, como a passagem de vórtices ciclônicos em baixos e médios níveis da atmosfera ou o fortalecimento do jato subtropical em altos níveis (OLIVEIRA, 1986).

Durante o verão, os altos índices de calor e umidade do ar, predominantes no Sul do Brasil, associados ao predomínio da massa de ar tropical, favorecem a convecção e a ocorrência de chuvas concentradas entre o final da tarde e noite. Em geral, são chuvas de curta duração, mas de forte intensidade, resultando em elevados totais de chuva nesses meses (COTTON; ANTHES, 1989).

A permanência, em Santa Catarina, de sistemas de alta pressão por um período mais prolongado, ou recebendo reforços que intensificam essas áreas, fazem com que seja verificada uma situação de bloqueio, no qual esse sistema fica ancorado sobre a região interferindo na radiação solar total que chega na superfície com menos interferência de nebulosidade. As temperaturas nesses dias também ficam mais elevadas (LEJENAS, 1984). Em termos de valores, para determinar a intensidade dos sistemas, são utilizados alguns parâmetros como o valor observado em relação à média climatológica, o número de dias sem chuva, os dias em que os valores de temperatura ficaram acima da média, a umidade relativa do ar muito abaixo do normal e outros indicativos que ajudam a identificar anomalias de maior relevância para o período.

Na América do Sul atuam diversos sistemas nos três níveis mais significantes da troposfera (SATYAMURTY; NOBRE; SILVA DIAS, 1998) e, especificamente na região Sul do Brasil, as constantes migrações de massas de ar e a estrutura ou fluxo atmosférico do ar superior reduzem esses sistemas atmosféricos (MONTEIRO, 2007). Entre os diversos sistemas atmosféricos identificados, para a América do Sul, é possível selecionar os que mais diretamente e significativamente afetam as condições de tempo e clima em Santa Catarina e especialmente às áreas deste estudo, sendo eles: frente fria, alta pressão, baixa pressão, ciclone extratropical, complexos convectivos de mesoescala, cavado invertido, jato subtropical, jato polar e vórtices (EPAGRI, 2009).

Jones e Davis (2000) desenvolveram, na região de Bordeaux/França, estudos com a videira, investigando a fenologia e qualidade da uva e suas associações com a climatologia sinótica e circulação regional através de modelos de fenologia/clima, desenvolvidos por análise de regressão múltipla. Um alto grau de correlação espacial e temporal foi encontrado entre o clima regional e a climatologia sinótica. Os padrões de circulação estão ligados com regime térmico, umidade, vento e cobertura de nuvens. Os autores relatam que um pequeno número de sistemas atmosféricos afetam

grandemente o potencial da viticultura. Em geral, a qualidade da colheita e a produção foram reduzidas pelo: i) aumento de frequência de frio e umidade, produzindo eventos que atrasam a fisiologia da planta; ii) aumento na ocorrência de frentes associadas a ventos e chuvas, afetando o florescimento e fixação das bagas. Reciprocamente, a ocorrência de aquecimento e ventos estáveis de calor durante a maturação levam a uma maturação completa e maior qualidade da colheita.

Nesse contexto, o objetivo neste capítulo é estudar a ocorrência dos sistemas atmosféricos atuantes nos estádios fenológicos da maturação e colheita para videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em Santa Catarina.

Objetivos específicos

- Determinar a frequência de ocorrência dos principais sistemas atmosféricos durante o período da maturação da colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*;

- determinar a associação entre a ocorrência dos sistemas atmosféricos em duas regiões (R1 e R2) e entre anos agrícolas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

As ocorrências dos sistemas atmosféricos foram obtidos do Monitoramento Diário Meteorológico realizado pela Epagri/CIRAM. Esse monitoramento está armazenado em meio impresso e digital, os quais relatam diariamente as condições atmosféricas no Estado de Santa Catarina. Cartas sinóticas, imagens de satélite, análise de médios níveis e análise de altos níveis foram interpretadas diariamente para os meses de janeiro a abril, durante as safras de 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009. Os meses estabelecidos são em função das datas observadas, correspondentes ao período da maturação à colheita da *Cabernet Sauvignon* para duas regiões: Região 1 (englobando Água Doce, Videira e Campos Novos) e Região 2 (englobando Bom Retiro e São Joaquim) (Figura 2.1) com o propósito de diferenciá-las quanto à atuação dos sistemas atmosféricos. Na Tabela 2.1 podem ser observados os nomes, abreviação e a classificação dos sistemas atmosféricos estudados neste trabalho.

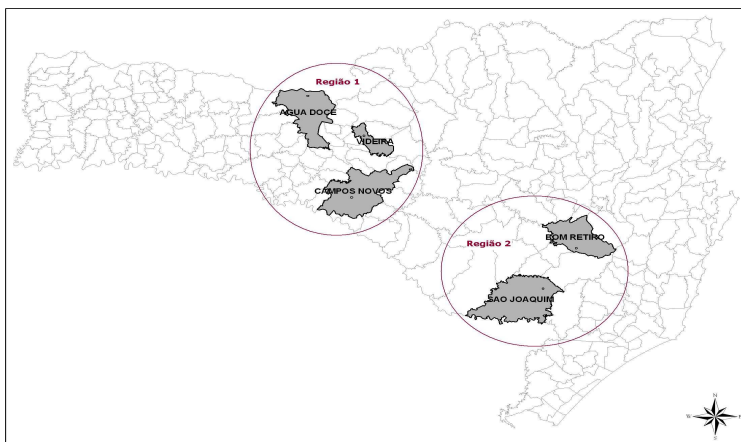


Figura 2.1 Localização da Região 1 (R1) e Região 2 (R2) e respectivos municípios utilizados neste estudo.

Tabela 2.1 Sistemas atmosféricos considerados, classificação por nível de pressão e abreviatura.

Sistemas atmosféricos	Níveis de Pressão	Abreviatura
Jato subtropical	Altos níveis (200 hPA)	A1
Vórtice	Altos níveis (200 hPA)	A2
Jato polar	Altos níveis (200 hPA)	A3
Frente fria	Médios níveis (500 hPA)	M1
Vórtice	Médios níveis (500 hPA)	M2
Cavado	Médios níveis (500 hPA)	M3
Jato	Médios níveis (500 hPA)	M4
Frente fria	Superfície	S1
Alta pressão	Superfície	S2
Baixa pressão	Superfície	S3
Ciclone extratropical	Superfície	S4
Complexos convectivos de mesoescala	Superfície	S5
Cavado invertido	Superfície	S6

Os dados de fenologia foram obtidos das Estações Experimentais da Epagri, Villa Francioni e pela Villaggio Grando, sendo que somente

o período correspondente da maturação à colheita foi utilizado neste trabalho (Tabela 2.2).

A falta de padronização quanto às anotações de fenologia entre os locais de observação e, também, a indisponibilidade dos dados de fenologia para o local Videira para as safras de estudo, resultam numa tabela não balanceada em relação ao período da maturação à colheita, conforme apresentado na

Tabela 2.2. (ver tabela 2 na próxima página).

Os sistemas atmosféricos foram classificados para cada local e safra no período compreendido ao início da maturação da colheita (Tabela 2.2).

Decidiu-se por trabalhar com as frequências relativas de ocorrência dos diferentes sistemas atmosféricos porque a duração (dias) do período em estudo varia em função do local de observação, mascarando os valores de frequência absoluta.

Para a data de início da maturação e a data de colheita para o local de Videira foi considerada a média das safras de 1980 a 1999 da coleção de variedades conduzidas pela Estação Experimental de Videira, Epagri.

Optou se por fazer alguns agrupamentos devido à baixa frequência de ocorrência de alguns sistemas nos períodos analisados. Ciclone extratropical, cúmulos convectivos de mesoescala, frente fria, vórtice e jato em médios níveis, vórtices em altos níveis e jato polar foram agrupados em uma classe denominada Outros Sistemas (OS).

Em baixos níveis, os sistemas frontais (frente fria) têm características de circulação atmosférica muito semelhantes com cavado invertido, sendo possível seu agrupamento para fins de análises estatísticas; a partir de agora designado de S1 + S6 (Tabela 2.4).

Tabela 2.2. Altitude, longitude e latitude do vinhedo, safra, data de início da maturação, data da colheita, número de dias do período compreendido entre maturação e colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* e fonte para diferentes locais em Santa Catarina.

Local	Localização do Vinhedo		Safra	Maturação da colheita			Fonte	
	Altitude	Longitude		Latitude	INÍCIO	FIM		Dias
Água Doce	1329	51° 30' 18"	26° 43' 02"	2005/2006	11/02/2006	27/04/2006	76	Vinicola Grandio
Água Doce	1329	51° 30' 18"	26° 43' 02"	2006/2007	05/02/2007	15/04/2007	70	Vinicola Grandio
Água Doce	1329	51° 30' 18"	26° 43' 02"	2007/2008	11/02/2008	23/04/2008	73	Vinicola Grandio
Água Doce	1329	51° 30' 18"	26° 43' 02"	2008/2009	18/01/2009	07/04/2009	80	Vinicola Grandio
Bom Retiro	1293	49° 57' 02"	28° 15' 13"	2005/2006	7/02/2006	27/04/2006	70	Silva et al. (2008)
Bom Retiro	1293	49° 57' 02"	28° 15' 13"	2006/2007	23/01/2007	17/04/2007	85	Silva et al. (2008)
Campos Novos	964	51° 12' 56"	27° 23' 00"	2006/2007	09/01/2007	15/03/2007	66	EECN
São Joaquim	1376	49° 56' 03"	28° 16' 31"	2005/2006	22/02/2006	28/04/2006	66	EESJ
São Joaquim	1376	49° 56' 03"	28° 16' 31"	2006/2007	31/01/2007	19/04/2007	79	EESJ
São Joaquim	1376	49° 56' 03"	28° 16' 31"	2007/2008	03/02/2008	30/04/2008	88	EESJ
São Joaquim	1376	49° 56' 03"	28° 16' 31"	2008/2009	20/02/2009	04/05/2009	74	EESJ
Videira	774	51° 08' 56"	27° 01' 27"	Média de 79/80 A 98/99	06/01/2006	22/02/2006	48	EEV

Tabela 2.3 Reclasseificação dos sistemas atmosféricos considerados, classificação por nível de pressão e abreviatura.

Sistemas atmosféricos	Níveis de Pressão	Abreviatura
Jato subtropical	Altos níveis (200 hPA)	A1
Cavado	Médios níveis (500 hPA)	M3
Frente fria + Cavado Invertido	Superfície	S1 + S6
Alta pressão	Superfície	S2
Baixa pressão	Superfície	S3
Outros Sistemas (incluindo: ciclone extratropical, cúmulos convectivos, frente fria em médios níveis, jato em médios níveis, vórtice em médios e altos níveis e jato polar)	Superfície, médios, altos níveis	OS

Os modelos de regressão linear estabelecidos entre a ocorrência dos sistemas atmosféricos e as variáveis meteorológicas foram testados pela análise de variância dos coeficientes da regressão ao nível de significância de 5% e somente são apresentadas as equações estatisticamente significativas.

A frequência absoluta de ocorrência dos sistemas atmosféricos foram testadas pelo teste de χ^2 ao nível de 5% de significância para verificar a associação entre diferentes locais, safras e regiões.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações tabuladas de frequência absoluta e frequência relativa de ocorrência dos sistemas podem ser observadas nas Tabelas 2.4 e 2.5, respectivamente.

Tabela 2.4 Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina.

Região	Fonte	Safra	Frente fria	Alta pressão	Baixa pressão	Ciclone extratropical	Complexos convectivos	Cavado invertido	Frente Fria	Vórtice	Cavado	Isola subtropical	Isola polar
R1	Água Doce	2005/2006	14	44	4	4		5		2	3	27	1
R1	Água Doce	2006/2007	27	35	10			5		1		1	13
R1	Água Doce	2007/2008	2	48	9			10	1		30	20	
R1	Água Doce	2008/2009	3	45	8			8	7		24	2	18
R1	Campos Novos	2006/2007	19	38	12			5				2	
R1	Videira	2006	8	36	1			3				7	5
R1	Videira	2007	10	30	11			3				4	
R1	Videira	2008	6	32	1			6			13	16	
R1	Videira	2009	4	24	7			5	4	1	21	7	
R2	Bom Retiro	2005/2006	14	37	5	5		3		2	8	40	
R2	Bom Retiro	2006/2007	31	43	11			4		3		1	13
R2	São Joaquim	2005/2006	13	36	4	5		2		2	8	40	
R2	São Joaquim	2006/2007	30	41	8			4		3		1	13
R2	São Joaquim	2007/2008	7	56	5			10	3		34	6	37
R2	São Joaquim	2008/2009	4	41	10			4	10		15	1	20

Tabela 2.5 Freqüências relativas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina.

Região	Fonte	Safra	Frente fria	Alta pressão	Baixa pressão	Ciclone extratropical	Complexos convectivos	Cavado invertido	Frente Fria	Vórtice	Cavado	Jato subtropical	Vórtice	Jato polar
R1	Água Doce	2005/2006	0,13	0,42	0,04	4	0	0,05	0	0,02	0,03	0	0,26	0,01
R1	Água Doce	2006/2007	0,29	0,38	0,11	0	0	0,05	0	0,01	0	0,0	0,14	0
R1	Água Doce	2007/2008	0,02	0,4	0,08	0	0	0,08	0,01	0	0,25	0	0,17	0
R1	Água Doce	2008/2009	0,03	0,38	0,07	0	0	0,07	0,06	0	0,2	0,0	0,15	0,03
R1	Campos Novos	2006/2007	0,25	0,5	0,16	0	0	0,07	0	0	0	0	0,03	0
R1	Videira	2006	0,13	0,5	0,02	0	0	0,05	0	0	0	0	0,12	0,08
R1	Videira	2007	0,17	0,52	0,19	0	0	0,05	0	0	0	0	0,07	0
R1	Videira	2008	0,08	0,43	0,01	0	0	0,08	0	0	0,18	0	0,22	0
R1	Videira	2009	0,05	0,33	0,1	0	0	0,07	0,05	0,01	0,29	0	0,1	0
R2	Bom Retiro	2005/2006	0,12	0,32	0,04	0,04	0	0,03	0	0,02	0,07	0	0,35	0
R2	Bom Retiro	2006/2007	0,29	0,41	0,1	0	0	0,04	0	0,03	0	0,0	0,12	0
R2	São Joaquim	2005/2006	0,12	0,33	0,04	0,05	0	0,02	0	0,02	0,07	0	0,36	0
R2	São Joaquim	2006/2007	0,3	0,41	0,08	0	0	0,04	0	0,03	0	0,0	0,13	0
R2	São Joaquim	2007/2008	0,04	0,35	0,03	0	0	0,05	0,02	0	0,21	0,0	0,23	0,01
R2	São Joaquim	2008/2009	0,04	0,37	0,09	0	0	0,04	0,09	0	0,14	0,0	0,18	0,05

A análise das frequências relativas, apresentadas na Tabela 2.6, evidencia a maior ocorrência relativa de sistemas de alta pressão (S2) em todas as safras e, em segundo lugar, destacam-se os sistemas jato tropical, frente fria+cavado invertido para as safras de 2005/2006 e 2006/2007, respectivamente.

Tabela 2.6 Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina. Reorganização dos sistemas.

Local	Região	Safra	Frente fria + cavado invertido	Alta pressão	Baixa pressão	Cavado	Jato subtropical	Outros sistemas
Água Doce	R1	2005/2006	19	44	4	3	27	7
	R1	2006/2007	32	35	10	0	13	2
	R1	2007/2008	12	48	9	30	20	1
	R1	2008/2009	11	45	8	24	18	13
		Média	19	43	8	14	20	6
Campos Novos	R1	2006/2007	24	38	12	0	2	0
Bom Retiro	R2	2005/2006	17	37	5	8	40	7
	R2	2006/2007	35	43	11	0	13	4
		Média	26	40	8	4	27	6
São Joaquim	R2	2005/2006	15	36	4	8	40	7
	R2	2006/2007	34	41	8	0	13	4
	R2	2007/2008	17	56	5	34	37	11
	R2	2008/2009	8	41	10	15	20	16
		Média	19	44	7	14	28	10

Tabela 2.7 Frequências relativas de ocorrência dos sistemas atmosféricos no período da maturação à colheita de *Vitis vinifera* var. *Cabernet Sauvignon*, para locais de observação e safras em Santa Catarina. Reorganização dos sistemas.

Local	Região	Safra	Frente fria + cavado invertido	Alta pressão	Baixa pressão	Cavado	Jato subtropical	Outros sistemas
Água Doce	R1	2005/2006	0,18	0,42	0,04	0,03	0,26	0,07
	R1	2006/2007	0,34	0,38	0,11	0,00	0,14	0,02
	R1	2007/2008	0,1	0,4	0,08	0,25	0,17	0,01
	R1	2008/2009	0,1	0,38	0,07	0,2	0,15	0,11
		Média	0,18	0,4	0,08	0,12	0,18	0,05
Bom Retiro	R2	2005/2006	0,15	0,32	0,04	0,07	0,35	0,06
	R2	2006/2007	0,33	0,41	0,1	0,00	0,12	0,04
		Média	0,24	0,37	0,07	0,04	0,24	0,05
Campos Novos	R1	2006/2007	0,32	0,5	0,16	0,00	0,03	0,00
São Joaquim	R2	2005/2006	0,14	0,33	0,04	0,07	0,36	0,07
	R2	2006/2007	0,34	0,41	0,08	0	0,13	0,04
	R2	2007/2008	0,10	0,35	0,03	0,21	0,23	0,07
	R2	2008/2009	0,08	0,37	0,09	0,14	0,18	0,15
		Média	0,17	0,37	0,06	0,11	0,23	0,08

Nas Tabelas 2.8 a 2.9 podem ser observadas as frequências e a significância dos testes.

Tabela 2.8 Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos reagrupados no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, organizados por região.

	Frente fria +Cavado invertido	Alta pressão	Baixa pressão	Cavado	Jato Subtropical	Outros sistemas	Subtotal
R1	98	210	43	57	80*	23	511*
R2	126	254	43	65	163*	49	700*

* Existe associação entre o tipo de sistema atmosférico e as diferentes regiões, com nível de significância de 0,05.

Pela análise de χ^2 ao nível de 5% de significância, existe associação entre os sistemas atmosféricos e as regiões consideradas. Analisando-se individualmente cada sistema, o único sistema que apresentou associação com a região foi o jato subtropical, mais frequente em R2 que em R1 (Tabela 2.8). Durante o período da maturação à colheita, os jatos subtropicais são observados até latitudes que correspondem aos limites entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com deslocamento zonal, sem realizar transporte de ar mais frio, mas sim, organizando mais nebulosidade. Nos dados analisados, foi observada a maior ocorrência desses sistemas na R2.

Pela análise de χ^2 ao nível de 5% de significância, existe associação entre os sistemas atmosféricos e as safras consideradas. Analisando-se individualmente cada sistema, o único sistema que não apresentou associação com o ano de safra foi o sistema de alta pressão (Tabela 2.9).

Tabela 2.9 Frequências absolutas de ocorrência dos sistemas atmosféricos reagrupados no período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*, organizados por safra.

Safra	Frente fria + Cavado invertido	Alta pressão	Baixa pressão	Cavado	Jato subtropical	Outros sistemas	Subtotal
2005/2006	51*	117	13*	19*	107*	21*	328*
2006/2007	125*	157	41*	0*	41*	10*	374*
2007/2008	29*	104	14*	64*	57*	12*	280*
2008/2009	19*	86	18*	39*	38*	29*	229*

* Existe associação entre o tipo de sistema atmosférico e as diferentes safras dentro de um mesmo local, com nível de significância de 0,05.

A não significância do sistema de alta pressão em relação à safra foi em função de que a ocorrência do sistema, durante fevereiro a abril, é característica da circulação atmosférica (verão), ou seja, no Sul do Brasil é esperado não haver grandes variações interanuais a não ser, pela interferência de outros sistemas. No período da maturação à colheita, os sistemas de alta pressão estiveram mais frequentes em comparação aos outros sistemas atmosféricos que também atuaram nas duas regiões do estudo, os quais destacam-se em número de ocorrência de forma mais evidente na Região 1.

Analisando-se a ocorrência de frente fria associada com cavado invertido, observa-se que a safra de 2006/2007 foi a que apresentou a maior ocorrência de dias sob atuação desses sistemas, pois uma mesma frente fria pode ficar atuando numa mesma região durante vários dias consecutivos (frente fria semiestacionária).

No período da maturação à colheita, apesar da formação de sistemas de baixa pressão ser frequente no Oeste Catarinense, não há significância estatística com as regiões R1 e R2. Na safra 2006/2007, observou-se as maiores frequências de baixa pressão, provavelmente relacionadas ao maior deslocamento de frentes frias observadas nessa safra, as quais intensificam a instabilidade em níveis inferiores da atmosfera.

Os cavados em médios níveis (área de baixa pressão alongada) ocorrem durante todas as épocas do ano. Por ser um sistema dependente das condições atmosféricas locais e/ou regionais, caracteriza-se por ter um tempo de vida relativamente curto e que, dependendo da sua

intensidade e duração, podem assumir características de sistema de baixa pressão ou de frente fria. Na safra de 2006/2007, foram observados maior número de frentes frias, cavados invertidos e baixa pressão sem registros de cavados em médios níveis.

O jato subtropical é menos frequente nos meses do início do ano e quando ocorre, em janeiro e fevereiro, fica mais ao Sul, sobre o Uruguai e Rio Grande do Sul (PEZZI; ROSA; BATISTA, 1996). No período de maturação à colheita, em 2005/2006, seu deslocamento para latitudes mais ao Norte contribuiu para o avanço de frente fria semiestacionária. Em alguns casos, como em janeiro de 2006, a permanência da frente fria ocorre porque o jato intensifica áreas de cavados até a formação de áreas de baixa pressão que reforçam a frente fria, mantendo o aporte, fornecimento de umidade nas camadas de ar superior e a precipitação ocorre em dias consecutivos (18 a 26/01/2006).

2.4 CONCLUSÕES

A variabilidade da ocorrência dos principais sistemas atmosféricos durante o período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* é maior entre as anos agrícolas e menor entre regiões no Estado de Santa Catarina. Os sistemas frente fria e cavado invertido, baixa pressão, cavado, jato subtropical e outros sistemas apresentaram frequência de ocorrência diferentes nos anos agrícolas e somente o jato subtropical apresentou diferenças entre as regiões estudadas não demonstrando diferenças significativas por safras.

CAPÍTULO III - SISTEMAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS QUE AFETAM A QUALIDADE E FENOLOGIA DA VIDEIRA (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* EM SANTA CATARINA.

3.1 INTRODUÇÃO

O vinho e seus derivados possuem características organolépticas que são a expressão dos fatores naturais e dos fatores humanos que concorrem para a produção da uva e na elaboração e envelhecimento do vinho. Vinhos de diferentes regiões, elaborados com a mesma tecnologia, apresentam-se distintos, com características próprias. Daí a importância do conceito de denominação de origem, que valoriza as peculiaridades das diferentes regiões de produção e a originalidade dos produtos (TONIETTO, 2002). A diversidade macroclimática que está presente nas diferentes regiões vitícolas é responsável por uma grande parte da diversidade encontrada em termos de produtos vitícolas, de qualidade e de tipicidade dos vinhos (TONIETTO; CARBONNEAU, 1999).

Jones (2000a), investigando a fenologia da videira em Bordeaux (França), e suas associações com o clima, observou relações entre variáveis meteorológicas (temperatura, insolação e precipitação) com a acidez e açúcares na uva.

A circulação regional de massas de ar e a climatologia sinótica local foram estudadas na Região de Bordaux, na França, com o objetivo de relacionar o clima e a viticultura. Foram avaliadas as frequências relativas anuais dos sistemas e, sendo consideradas independentes, foram utilizadas para investigar a relação clima e viticultura. Análise de regressão linear múltipla foi utilizada para modelar a relação clima-fenologia. A qualidade e a produção das uvas são reduzidas por acréscimo das ondas de frio e eventos de umidade, atrasando a fisiologia da planta. Ao contrário, a ocorrência relativa de massas mais aquecidas, estáveis durante a maturação, conduzem a uma colheita boa e de qualidade mais elevada (JONES e DAVIS, 2000).

Jones e Davis (2000) estudaram os padrões de circulação e a ligação com regime térmico, umidade, vento e cobertura de nuvens. Eles relatam que, em Bordeaux, um pequeno número de sistemas atmosféricos afetam grandemente o potencial da viticultura. Em geral, qualidade da colheita e produção foram reduzidos pelo: i) aumento de

frequência de frio e umidade, produzindo eventos que atrasam a fisiologia da planta; ii) aumento na ocorrência de frentes associadas a ventos e chuvas, afetando o florescimento e fixação das bagas. Reciprocamente, a ocorrência de aquecimento e ventos estáveis de calor, durante a maturação, leva a uma maturação completa e maior qualidade da colheita.

Em relação às temperaturas, também importante são suas relações com os compostos da uva. No cultivo da videira, a alta temperatura da noite geralmente reduz o acúmulo da antocianina na epiderme da baga. O acúmulo da antocianina na epiderme das bagas crescidas em altas temperaturas da noite (30°C contínuo) foi reduzido em comparação àquele das bagas cultivadas nas baixas temperaturas da noite (30°C durante o dia e 15°C durante a noite). Os níveis dos flavonóides na epiderme das bagas não foram significativamente diferentes entre condições de baixas e elevadas temperaturas da noite. Esses resultados sugerem que a inibição de biossíntese da antocianina, nas bagas da uva cultivadas sob a circunstância de temperatura elevada da noite, poderia ser causada por baixos níveis da expressão de genes biossintéticos da antocianina em uma fase inicial de amadurecimento e abaixar atividades de enzimas biossintéticas da antocianina (KENTARO; SUGAYA; GEMMA, 2005).

Segundo Tonietto e Mandelli (2003), a maior atividade fotossintética da videira é obtida na faixa de temperatura que vai de 20°C a 25°C, sendo que temperaturas a partir de 35°C são excessivas. No período de maturação das uvas, temperaturas diurnas amenas possibilitam um período de maturação mais lento, favoráveis à qualidade. Noites frias favorecem o acúmulo de polifenóis, especialmente as antocianinas, nas variedades tintas, e a intensidade dos aromas nas variedades brancas. As altas temperaturas podem resultar na obtenção de uvas com maiores teores de açúcares, porém com baixa acidez. O regime térmico no período da maturação da uva é uma das principais variáveis na coloração da baga e na riqueza de aromas, antocianinas e polifenóis do vinho.

A coloração da uva é atribuível à acumulação da antocianina na epiderme, que é inibida por altas temperaturas da noite (KENTARO; SUGAYA; GEMMA, 2005). Kliever e Torres (1972) observaram que frutas desenvolvidas sob temperaturas mais amenas tiveram níveis significativamente maiores de antocianinas do que as frutas amadurecidas em temperaturas mais quentes. Temperaturas do dia de 35°C inibiram completamente a síntese de antocianina em bagas de

Tokay. Temperatura da noite de 30°C impediu a formação de antocianina em Tokay e reduziu extremamente a coloração de *Cabernet Sauvignon*, quando comparado a frutas amadurecidas em temperaturas noturnas de 20°C.

Kentaro, Sumaya e Gemma,(2004) concluíram, a partir de experimento com a uva Kyoho, que o crescimento de bagas de uva sob temperaturas altas e sucessivas provocam o decréscimo do acúmulo de antocianinas na epiderme do fruto pelo decréscimo da atividade da flavonoid 3-O- glucosyltransferase (UFGT) e a concentração de fenilalanina e partição do fotoassimilados da uva. Por outro lado, o crescimento do fruto, sob condições de noite fresca, poderia resultar em maiores níveis de acúmulo de antocianinas devido, possivelmente, a maior indução da atividade de UFGT e acúmulo de fenilalanina.

Roubelakis e Kliewer (1986), ao estudarem a forma como os fatores ambientais influenciam a atividade das enzimas que atuam na síntese das antocianinas, relatam a influência inativadora das elevadas temperaturas sobre a fenilalanina amônia-liase, enzima que atua no início da cadeia de síntese desses pigmentos.

Uvas da variedade Touriga Francesa, resultantes de videiras sujeitas a maiores suplementos de água durante a maturação, apresentaram, no ano de estudo, valores inferiores de antocianinas totais. O mesmo foi observado para todos os grupos de pigmentos antociânicos (JORDÃO; RICARDO DA SILVA; LAUREANO, 1998).

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

Existe um estreito relacionamento entre os sistemas atmosféricos e as variáveis meteorológicas, sendo as variáveis meteorológicas importantes fatores de definição da qualidade do fruto da videira. Assim, espera-se, através de suas quantificações, ter expectativas quanto a associação destes com a qualidade dos frutos colhidos.

Os objetivos desta pesquisa são:

Objetivo geral

- Determinar o efeito dos sistemas atmosféricos sobre as variáveis meteorológicas e sobre a qualidade da uva da variedade *Cabernet Sauvignon* durante o período da maturação à colheita;

- determinar o efeito das variáveis meteorológicas durante o período da maturação à colheita na qualidade da uva da variedade *Cabernet Sauvignon*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

As ocorrências dos sistemas atmosféricos foram extraídas do Monitoramento Diário Meteorológico realizado pelo setor de meteorologia do CIRAM/Epagri. Esse monitoramento está armazenado em meio impresso e digital, os quais relatam, diariamente, as condições atmosféricas na região de estudo. Cartas sinóticas, imagens de satélite, análise de médios níveis e análise de altos níveis foram interpretadas diariamente para os meses de janeiro a abril, durante as safras de 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009. Os meses foram estabelecidos em função das datas observadas correspondentes ao período de maturação a colheita da *Cabernet Sauvignon* para os locais de Água Doce, Bom Retiro, Campos Novos, São Joaquim e Videira (Tabela 2.3). Os teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) foram considerados no estudo.

Dois regiões do Estado de Santa Catarina foram estudadas: Região 1 (englobando Água Doce, Videira e Campos Novos) e Região 2 (englobando Bom Retiro e São Joaquim), conforme mapa da Figura 2.1.

Os dados de temperatura máxima, média e mínima, precipitação, umidade relativa e insolação foram obtidos do banco de dados do Epagri/CIRAM, provenientes das estações meteorológicas apresentadas na Tabela 3.1. As médias climatológicas foram calculadas usando a série de dados existentes para cada estação meteorológica, com datas coincidentes ao período de maturação a colheita.

As anomalias foram determinadas, comparando-se os valores observados com a normal climatológica local.

Tabela 3.1 Local, safra, duração do ciclo em dias, média da temperatura mínima, máxima e média, amplitude térmica, total de precipitação, número de dias com chuva, umidade relativa e total de horas de brilho solar (insolação) para o período de maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em Santa Catarina.

Fonte	Safra	Duração do Ciclo	Média das Mínimas (°C)	Média das Máximas (°C)	Média das Médias (°C)	Amplitude térmica (°C)	Precipitação total (mm)	Número de dias com chuva	Umidade Relativa Média (%)	Soma Insolação (hs)	SST (oBrix)	Fonte
Água Doce	2005/2006	75	12,0	22,6	16,5	10,6	157,8	53,0			24,5	Villagio Grando
Água Doce	2006/2007	69	16,8	26,5	20,6	9,7	232,6	32,0	79,8		23,5	Villagio Grando
Água Doce	2007/2008	72	13,6	24,7	18,2	11,1	245,0	32,0	81,3		23,0	Villagio Grando
Bom Retiro	2005/2006	69	11,5	20,8	15,2	9,3	106,0	25,0	84,6	401,6	23,3	SILVA et al. (2008)
Bom Retiro	2006/2007	84	13,8	22,6	17,3	8,7	527,5	48,0	85,2	508,7	21,2	SILVA et al. (2008)
Campos Novos	2006/2007	65	17,1	26,6	20,9	9,5	464,7	33,0	78,2		22,0	Epagri/EECN
São Joaquim	2004/2005	81	11,8	21,2	15,5	9,3	373,6	36,0	85,6	475,4		Epagri/EESJ
São Joaquim	2005/2006	65	11,3	20,7	15,0	9,5	100,4	22,0	84,2	390,3	20,9	Epagri/EESJ
São Joaquim	2006/2007	78	13,8	22,4	17,2	8,6	482,7	43,0	85,5	479,3	21,2	Epagri/EESJ
São Joaquim	2007/2008	87	11,3	20,4	14,9	9,1	503,8	44,0	85,5	546,5	20,5	Epagri/EESJ

Os modelos de regressão linear apresentados neste trabalho foram testados pela análise de variância da regressão ao nível de significância de 5%. As equações foram apresentadas nos gráficos quando foram significativas. O STATISTICA® 6.0 (STATSOFT, 2010) foi utilizado para fazer a análise de regressão.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3.2 são apresentadas as informações climatológicas, observadas e anomalias para as variáveis meteorológicas correspondentes ao período de maturação a colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* no Estado de Santa Catarina para diferentes locais e safras.

Tabela 3.2 Local, safra, médias climatológicas e anomalias para temperaturas mínima, máxima e média e total de precipitação para o período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em Santa Catarina.

Local	Safr	Média Climatológica				Anomalias			
		Temp min média (°C)	Temp max média (°C)	Temp média (°C)	Precipitação total (mm)	Temp min média (°C)	Temp max média (°C)	Temp média (°C)	Precipitação total (mm)
Água Doce	2005/2006	13,3	24,0	17,8	284,0	-1,3	-1,4	-1,3	-126,2
Água Doce	2006/2007	14,0	24,6	18,3	252,2	2,8	1,9	2,3	-19,6
Água Doce	2007/2008	13,5	24,1	17,9	264,7	0,1	0,6	0,3	-19,7
Bom Retiro	2005/2006	11,6	20,8	15,2	294,0	-0,1	0,0	0,0	-188,0
Bom Retiro	2006/2007	12,4	21,8	16,1	405,2	1,4	0,8	1,2	122,3
Campos Novos	2006/2007	16,3	26,6	20,6	394,9	0,8	0,0	0,3	69,8
São Joaquim	2005/2006	11,4	20,6	15,1	263,4	-0,1	0,1	-0,1	-163,0
São Joaquim	2006/2007	12,2	21,5	15,9	369,1	1,6	0,9	1,3	113,6
São Joaquim	2007/2008	11,8	21,0	15,4	388,3	-0,5	-0,6	-0,5	115,5

Em relação às anomalias para precipitação, destacam-se os valores negativos para a Safra 2005/2006 (Tabela 3.2). Em São Joaquim, Bom Retiro e Água Doce os sistemas de alta pressão foram mais intensos e bloquearam o avanço das frentes frias por vários dias consecutivos (principalmente entre 3/3 a 18/3/2006), e quando as frentes frias se deslocaram sobre a região, resultaram em totais muito elevados de chuva.

Para a safra de 2006/2007, em São Joaquim e Bom Retiro, no mês de fevereiro as chuvas ocorreram de forma mais persistente devido às frentes frias semiestacionárias que permaneceram por vários dias consecutivos entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Essas frentes frias foram intensificadas pelos jatos subtropicais. No mês de março, os maiores valores de precipitação foram associados às frentes frias que se deslocaram pelo litoral e receberam fluxo de umidade e calor desde a Amazônia, através dos jatos subtropicais.

A significância dos modelos de regressão linear, estabelecidos entre a ocorrência relativa dos sistemas atmosféricos e as anomalias variáveis meteorológicas, é apresentada na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 Significância das equações de regressão linear entre a ocorrência relativa dos sistemas atmosféricos e as anomalias variáveis meteorológicas.

Variável	Sistemas atmosféricos					Outros sistemas
	Frente fria + cavado invertido	Alta pressão	Baixa pressão	Cavado	Jato subtropical	
Anomalia de temperaturas mínimas médias (°C)	0,01	NS	NS	NS	NS	NS
Anomalia de temperaturas máximas médias (°C)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Anomalia de temperaturas médias (°C)	0,05	NS	NS	NS	NS	NS
Anomalia de Precipitação total (mm)	NS	NS	NS	NS	0,01	NS

NS = não significativo

Uma das semelhanças entre frente fria e cavado invertido, na época do verão, é a formação de nebulosidade. A cobertura de nuvens, especialmente no período noturno e início da manhã, horário em que normalmente ocorrem as temperaturas mínimas, provoca redução da perda radiativa e, em consequência, as temperaturas mínimas ficam mais elevadas (DE FINA, 1973).

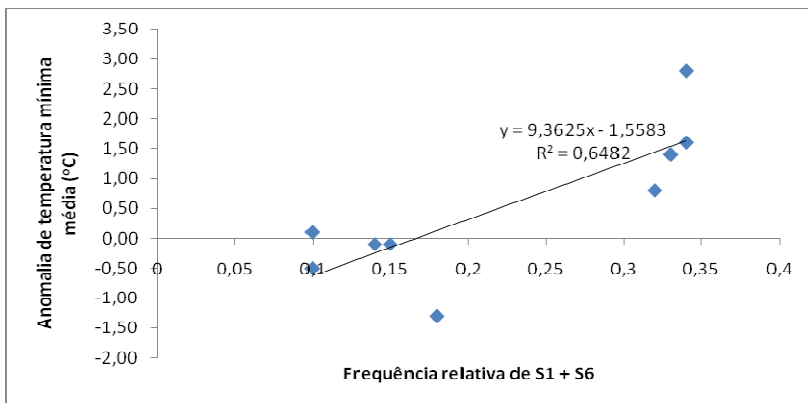


Figura 3.1 Relação entre frequência relativa de ocorrência de frente fria com cavado invertido (S1 + S6) e anomalia de temperatura mínima média (°C) durante o período da maturação à colheita para videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em diferentes locais observados e safras no Estado de Santa Catarina. Modelo de Regressão Linear significativo a 5%.

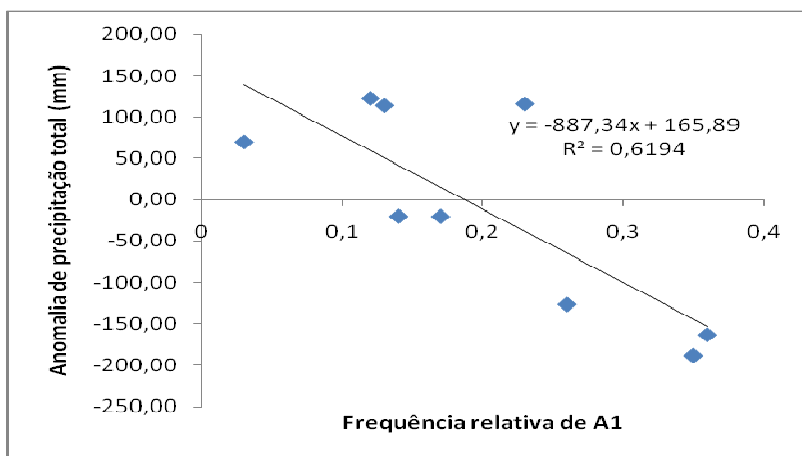


Figura 3.2 Relação entre frequência relativa de ocorrência de jato subtropical (A1) e anomalias de precipitações totais (mm) durante o período da maturação à colheita para videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* em diferentes locais observados e safras no Estado de Santa Catarina. Modelo de Regressão Linear significativo a 5%.

Tabela 3.4 Significância das equações de regressão linear entre a ocorrência relativa dos sistemas atmosféricos e o número de dias com amplitude superior a 12°C.

Variável	Sistemas atmosféricos					Outros sistemas
	Frente fria + cavado invertido	Alta pressão	Baixa pressão	Cavado	Jato subtropical	
Número de dias com amplitude superior a 12°C	NS	0,05	NS	NS	NS	NS

NS = não significativo

Observa-se uma relação inversamente proporcional entre frequência de ocorrência de jatos subtropicais e precipitação acumulada (Figura 3.2). A ocorrência de jato subtropical aumenta a nebulosidade em altos níveis, porém, esse tipo de nebulosidade não tem grande desenvolvimento e a quantidade de vapor de água presente nessas nuvens não é muito grande, sendo composta, basicamente, por cristais de gelo, o que não favorece as precipitações nas camadas mais baixas da atmosfera (PEZZI; CAVALCANTI, 1994).

Houve uma pequena variabilidade nas amplitudes médias para o período de maturação a colheita, para cada local e data (média = 9,5°C; desvio-padrão = 0,73°C e CV = 7,7%). No entanto, observa-se que o número de dias com amplitudes térmicas superiores a 12°C e a ocorrência de sistemas de alta pressão (S2) é maior em R1 que em R2 (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 Média da amplitude térmica ($^{\circ}\text{C}$), total de número de dias com amplitude térmica superior a 12°C e frequências absolutas dos sistemas atmosféricos observados nos dias que ocorreu amplitude térmica superior a 12°C no período de maturação à colheita .

Região	Local	Safrã	Amplitude de temperatura diária ($^{\circ}\text{C}$)	Número de dias amplitude superior a 12°C	Sistemas atmosféricos					
					S1 + S6	S2	S3	M3	A1	OS
R1	Água Doce	2005/2006	10,6	18	1	14	0	0	4	3
R1	Água Doce	2006/2007	9,7	17	6	12	1	0	1	0
R1	Água Doce	2007/2008	11,1	29	0	25	2	8	4	1
R1	Campos Novos	2006/2007	9,5	11	1	9	1	0	0	0
Sub total				75	8	60	4	8	9	4
R2	Bom Retiro	2005/2006	9,3	14	0	12	0	2	7	2
R2	Bom Retiro	2006/2007	8,7	3	0	3	0	0	0	0
R2	São Joaquim	2005/2006	9,5	15	0	13	0	2	7	2
R2	São Joaquim	2006/2007	8,6	2	0	2	0	0	0	0
R2	São Joaquim	2007/2008	9,1	8	0	8	0	0	4	0
Sub Total				42	0	38	0	4	18	4
Total				117	8	98	4	12	27	8

Por sua vez, o número de dias com amplitude maior que 12°C , durante o período da maturação, teve uma relação com o número de sistemas de alta pressão que ocorreram nos períodos avaliados (Tabela 3.4). Houve um aumento do número de dias com amplitude térmica superior a 12°C , com o aumento da ocorrência dos sistemas de alta pressão (Figura 3.3).

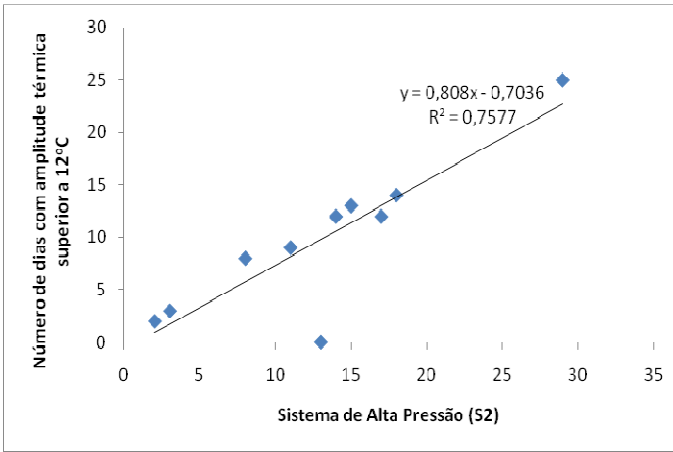


Figura 3.3 Relação entre número de dias com amplitude térmica superior a 12°C e ocorrência de sistemas de alta pressão (S2) no período da maturação à colheita para diferentes locais e safras. Modelo de Regressão Linear estatisticamente significativa a $\alpha = 5\%$.

Os sistemas de alta pressão ocasionam dias mais claros, com temperaturas mais altas devido à maior radiação que chega à superfície sem interferência ou a perdas pela nebulosidade e, pelos mesmos motivos, as temperaturas à noite são baixas, devido ao resfriamento por perda radiativa de calor (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

Os dados observados em diferentes locais e safra (Tabela 2.3) mostram uma relação significativa entre a duração do período de maturação a 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 maior acúmulo de graus-dia, o que provocou a antecipação do ciclo da cultura.

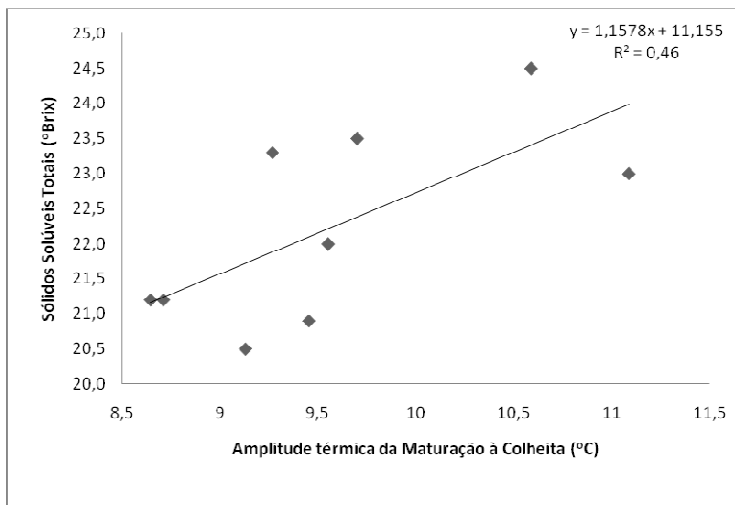


Figura 3.4 Relação entre os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) na colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* e a amplitude térmica média (°C) no período da maturação à colheita para locais observados no Estado de Santa Catarina.

Houve uma relação significativa entre a amplitude térmica e os sólidos solúveis totais na colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* (Figura 3.4). Com o aumento da amplitude térmica, os sólidos solúveis totais (°BRIX) também aumentaram. Entretanto, não foi encontrada nenhuma relação significativa entre os valores de sólidos solúveis totais e a frequência de ocorrência dos sistemas atmosféricos (Tabela 3.6).

3.4 CONCLUSÕES

Os sistemas atmosféricos que ocorrem no período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* (geralmente compreendendo os meses de fevereiro a abril) alteram as variáveis meteorológicas. A ocorrência de jatos subtropicais diminui o total de precipitação quando não estão associados às frentes frias.

Frentes frias e cavados invertidos aumentaram as temperaturas mínimas médias no período correspondente à maturação e colheita. A alta pressão aumenta o número de dias com amplitude superior a 12°C, o que beneficia o acúmulo. Não houve efeito dos sistemas atmosféricos

na qualidade da uva (°Brix). Entretanto, a amplitude térmica que apresentou aumento com a ocorrência de sistemas de alta pressão, teve um efeito significativo na qualidade de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* (°Brix).

CAPÍTULO IV– IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA VIDEIRA (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* NO ESTADO DE SANTA CATARINA.

4.1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são um dos mais importantes assuntos da atualidade da comunidade acadêmica. Vários estudos apontam um aquecimento do globo terrestre (IPCC, 2007). Estudos em Santa Catarina mostraram um aumento da temperatura do ar ao longo dos anos, com destaque à década de 90 (CAMARGO; BRAGA; ALVES, 2006). Como consequência, a probabilidade de ocorrência de geadas, número de horas frio, graus-dias e amplitude térmica podem também apresentar uma mudança nos seus comportamentos climáticos. É importante estimar o impacto das mudanças climáticas na agricultura em Santa Catarina que, direta ou indiretamente, é responsável pela subsistência de um grande número de famílias catarinenses que vivem no campo, bem como da produção da produção para a exportação. Alguns estudos têm estimado os impactos das mudanças climáticas para as culturas da bananeira, da macieira (PANDOLFO et al., 2007b) e do feijoeiro (PANDOLFO et al., 2007a).

A viticultura é uma importante atividade econômica para Santa Catarina (Síntese ..., 2009) que tradicionalmente produz vinhos de consumo corrente, elaborados com uvas americanas e híbridas. Entretanto, nos últimos anos, o Estado tem investido em novas tecnologia nos vinhedos e vinícolas, importando mudas de variedades de *Vitis vinifera* L. visando à melhoria da qualidade dos vinhos (TAGLIARI, 2003). Portanto, é importante estimar os impactos das mudanças climáticas na cultura da videira (*Vitis vinifera* L.) em Santa Catarina.

Pesquisas com videiras e mudanças climáticas realizadas nos Estados Unidos apontam que, em média, na maioria das regiões produtoras, o período de crescimento foi mais quente, impulsionado principalmente pelo aumento nas temperaturas mínimas, com maior acúmulo de calor e redução da frequência de geadas (JONES, 2005).

Na Califórnia, Oeste dos Estados Unidos, através da quantificação de temperaturas e graus-dia médios durante a estação de crescimento, da frequência de ocorrência de geadas, das datas das primeiras geadas, as regiões apresentam temperaturas mais amenas,

principalmente, pela mudança das temperaturas mínimas, decréscimo da ocorrência de geadas e maior acúmulo de energia. O estudo indica um aumento de 1,7°C na estação de crescimento nos próximos 50 anos. Dependendo da grandeza e de como se apresentam as projeções de mudanças climáticas sazonais no futuro, estratégias diferentes devem ser tomadas pela indústria do vinho, incluindo deslocamento potencial na viabilidade varietal regional e melhoramento genético para possibilitar o cultivo de variedades adaptadas a regiões de temperaturas mais brandas (JONES, 2006).

Métodos e modelos agrometeorológicos, biometeorológicos ou bioclimáticos nada mais são do que estudos ou formas de análises qualitativas e quantitativas da ação dos elementos ambientais sobre o desenvolvimento vegetal. As condições ambientais que possuem influência decisiva no crescimento e/ou desenvolvimento vegetal são: temperatura (do ar e do solo), fotoperiodismo, radiação solar e precipitação pluviométrica. Devido ao número elevado de fatores ambientais aliados à complexidade das interações envolvidas em qualquer estudo planta-clima, a grande maioria dos estudos fenológicos tem sido conduzidos utilizando-se temperatura do ar (BRAGA, 1995).

Na vitivinicultura, os índices agrometeorológicos (horas de frio, graus-dia e amplitude térmica, entre outros) são utilizados para elaboração do zoneamento agroclimáticos (THOMÉ, 1999; WESTPHALEN; MALUF, 2000), na determinação das cultivares para determinada região (JONES, 2006) e na identificação de regiões climáticas (TONIETTO; CARBONNEAU, 2004).

Os índices agrometeorológicos podem ser usados como forma de quantificar a variabilidade do clima espacial e temporalmente na viticultura, direta ou indiretamente, podem estar relacionados às exigências das variedades, à qualidade dos frutos e, conseqüentemente, à qualidade do vinho, entre eles: horas de frio, soma térmica, índice heliotérmico, índice de frio noturno, balanço hídrico e amplitude térmica.

Os períodos de entrada em repouso, repouso e saída de repouso estão acompanhados de trocas nos reguladores endógenos de crescimento e do metabolismo. Alguns trabalhos indicam que inibidores, como o ABA, tendem a aumentar durante a entrada em repouso, enquanto os promotores e a atividade respiratória diminuem no referido período. Quando o período de repouso conclui é produzido um marcante incremento dos promotores dos inibidores e a respiração aumenta bruscamente. O frio requerido para sair do repouso é muito

variável. A amêndoa, por exemplo, exige muito pouco frio, enquanto que algumas cultivares de uva requerem mais de duas mil horas (WESTWOOD, 1982).

O número de horas que a temperatura do ar permanece abaixo de determinado valor é um índice bioclimático bastante utilizado nos estudos do efeito do nível térmico sobre o desenvolvimento vegetal (POLA; ANGELOCCI, 1993). 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 (POLA, 1987).

Sob condições naturais, o efeito do frio é muito importante na delimitação das áreas propícias para o plantio de videira, pois é uma característica varietal que influencia fortemente na quebra de dormência. Todavia, em função da tecnologia atualmente disponível, esse fator torna-se menos importante, pois o uso de produtos para superação de dormência é hoje largamente utilizado no Estado de Santa Catarina. No Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico para Santa Catarina foram separadas as variedades americanas das europeias, pelo fato de as últimas exigirem mais frio para a superação de dormência sob condições naturais. Mesmo assim, cada grupo possui ampla gama de variedades com diferentes exigências em frio, capazes de se adaptar às diversas regiões (THOMÉ et al., 1999). No Rio Grande do Sul, para elaboração do zoneamento da videira foi adotado o limite mínimo de 600 h. Abaixo desse valor, as limitações tendem a se agravar, com reflexos no rendimento e na duração do período de exploração econômica do vinhedo. As áreas mais apropriadas em relação a esse fator estão acima de 800 h (WESTPHALEN; MALUF, 2000).

A fisiologia da planta é influenciada pela temperatura, como por exemplo: toda a atividade fisiológica é realizada acima de 0°C, sendo que, de 0 a 5°C os meristemas mostram uma divisão celular, mas sem crescimento apreciável; de 5 a 25°C o crescimento aumenta de uma maneira exponencial com o aumento das temperaturas; de 25 a 30°C a planta atinge o crescimento máximo; de 30 a 40°C o crescimento diminui com a temperatura (pela indução de déficit hídrico; temperatura maior que 40°C causa o secamento das plantas pela desidratação severa) (WESTWOOD, 1982). Segundo Tonietto e Mandelli (2003), a maior atividade fotossintética da videira é obtida na faixa de temperatura que vai de 20°C a 25°C, sendo que temperaturas a partir de 35°C são excessivas. No verão e período de maturação das uvas, temperaturas diurnas amenas possibilitam um período de maturação mais lento,

favoráveis à qualidade. Noites frias favorecem o acúmulo de polifenóis, especialmente as antocianinas, nas variedades tintas, e a intensidade dos aromas nas variedades brancas. Condições térmicas muito quentes podem resultar na obtenção de uvas com maiores teores de açúcares, porém com baixa acidez. O regime térmico, no período da maturação da uva, é uma das principais variáveis na coloração da baga e na riqueza de aromas, antocianinas e polifenóis do vinho.

O conceito de graus-dia ou também denominado unidades térmicas 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. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura base, podendo esse valor variar com a idade da planta (BRAGA, 1994). O somatório diário de graus-dia pode ser calculado conforme metodologia proposta por Ometto (1981) o qual considera as temperaturas mínimas, máximas, temperatura mínima basal e temperatura máxima basal que delimitam as atividades metabólicas. As somas térmicas de 1.000 a 1.100 graus-dia ($T > 10^{\circ}\text{C}$) durante o período vegetativo são suficientes para assegurar uma boa maturação da maior parte das variedades (THOMÉ et al., 1999). Em São Joaquim, Martins (2006) ao avaliar fenologia e graus-dia para *Cabernet Sauvignon*, encontrou um acúmulo de 967°C entre a fase pintor à colheita.

A amplitude térmica é uma medida de variabilidade importante na fisiologia vegetal, influencia o equilíbrio fotossintético/respiratório da planta e, conseqüentemente, o acúmulo energético, estando diretamente relacionada à biossíntese de compostos fenólicos (GONZÁLEZ et al., 2007).

Roubelakis e Kliewer (1986), ao estudarem a forma como os fatores ambientais influenciam a atividade das enzimas que atuam na síntese das antocianinas, relatam a influência inativadora das elevadas temperaturas sobre a fenilalanina amônia-liase, enzima que atua no início da cadeia de síntese desses pigmentos.

Uvas de Touriga Francesa, resultantes de videiras sujeitas a maiores suplementos de água durante a maturação, apresentaram, no ano de estudo, valores inferiores de antocianinas totais. O mesmo foi observado para todos os grupos de pigmentos antociânicos (JORDÃO; RICARDO DA SILVA; LAUREANO, 1998).

Conhecer as mudanças climáticas ao longo das últimas décadas e suas projeções futuras, e desse modo podendo estimar o impacto dessas mudanças nos índices agrometeorológicos utilizados para os estudos da

videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* - isso é uma importante estratégia para o Estado de Santa Catarina, pois algumas sugestões de mitigação ou no desenvolvimento de programas de melhoramento podem ser implementadas para diminuir o impacto das mudanças climáticas no futuro.

Os objetivos desta pesquisa são:

Objetivo geral

- Estudar os impactos das mudanças climáticas nos índices agrometeorológicos (horas de frio, soma térmica e amplitude térmica) para videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* no Estado de Santa Catarina.

Objetivo específico

- Calcular os índices agrometeorológicos (soma térmica e amplitude térmica) no período da maturação à colheita para a videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* no Estado de Santa Catarina e horas de frio $\leq 7,2$ °C entre abril e setembro para os cenários atual, 2050 e 2070.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

As somas térmicas e as amplitudes térmicas foram calculadas para o período de maturação a colheita da variedade *Cabernet Sauvignon* para os locais de São Joaquim, Bom Retiro, Campos Novos, Videira e Água Doce nas safras 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008 (Tabela 2.3).

Foram gerados três cenários para variedades de *Vitis vinifera* L. no Estado de Santa Catarina, o cenário atual, cenário 2050 e cenário 2070. Para o cenário atual, o número de horas de frio ($HF_{\leq 7,2^{\circ}\text{C}}$) foi estimado para o período compreendido entre abril e setembro. As horas de frio abaixo de $7,2$ °C foram estimadas com base nas equações de estimativa do total anual de horas frio ($HF_{\leq 7,2^{\circ}\text{C}}$) (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, período médio da maturação à colheita, foi obtida pela diferença entre temperaturas máximas e mínimas. As temperaturas máximas, mínimas e médias foram estimadas pelas equações em função das coordenadas geográficas e altitude do Estado de Santa Catarina (MASSIGNAM; PANDOLFO, 2006). A delimitação dos

meses a serem utilizados nas análises de temperaturas, médias das temperaturas (fevereiro a abril) e amplitude de temperaturas (fevereiro a abril), levou em consideração que no período da maturação à colheita de *Cabernet Sauvignon*, nos locais observados no Estado, concentram-se entre os meses de fevereiro a abril.

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, o qual foi 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 50 km, com projeções feitas com base em decendial e mensal. Nakicenovic et al. (2010) definiram uma família de cenários básicos que foram classificados em: A1 - baixo crescimento populacional, crescimento do PIB muito elevado, elevado consumo de energia, baixa mudança no uso da terra, alta da média de disponibilidade de recursos, rápido desenvolvimento tecnológico, energia fóssil e balanceada; A2 - alto crescimento populacional, médio crescimento do PIB, elevado consumo de energia, média da alta mudança no uso da terra, baixa disponibilidade de recursos, lento desenvolvimento tecnológico, energia regional; B1 - baixo crescimento populacional, elevado crescimento do PIB, baixo consumo de energia, alta mudança no uso da terra, baixa disponibilidade de recursos, médio desenvolvimento tecnológico, eficiência e introdução de tecnologias limpas; B2 - médio crescimento populacional, médio crescimento do PIB, médio consumo de energia, média mudança no uso da terra, média disponibilidade de recursos, médio desenvolvimento tecnológico, dinâmica energética como a usual.

O modelo regional HadRM3 possui resolução horizontal de 50 km com 19 níveis na vertical (da superfície até 30 km na estratosfera) e quatro níveis no solo. A resolução espacial é de $0,44 \times 0,44^\circ$ (latitude x longitude), o que corresponde a uma grade aproximada de 50×50 km. Para fins de mudança climática, o modelo usa uma representação do ciclo de sulfato e de alguns outros aerossóis (JONES et al., 2004). O modelo regionalizado para uma resolução horizontal de 50 km, explica convenientemente as tendências de alterações climáticas futuras. Suas

projeções são feitas com base em tendências observadas no passado e suas análises podem ser em nível diário, decendial, mensal, sazonal ou anual, conforme a necessidade da informação.

As horas de frio $\leq 7,2$ °C acumuladas para o período de abril a setembro foram estimadas para os cenários atual, 2050 e 2070 em função das temperaturas mínima provenientes do PRECIS, através da equação publicada por Massignam et al. (2006).

Os graus-dias e a amplitude térmica foram calculados para o período médio da maturação à colheita, utilizando-se as anomalias de temperaturas (°C) mínima, médias e máximas provenientes do PRECIS para os anos de 2050 e 2070 e aplicados sobre as equações de estimativa de temperaturas em função das coordenadas geográficas e altitude do Estado de Santa Catarina (MASSIGNAM; PANDOLFO, 2006), utilizando temperatura basal de 10°C.

Foi utilizado o software ILWIS 3.2 Academic para a espacialização dos cenários dos índices agrometeorológicos para os anos de 2050 e 2070 e extração das informações dos índices para os locais de estudo.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Temperaturas mínimas, médias e máximas mensais

Os valores das temperaturas máximas, mínimas e médias (°C) mensais (janeiro a abril) para os cenários atual, 2050 e 2070 estimados para os locais de estudo são apresentados na Tabela 4.1 e a anomalias na Tabela 4.2. No Apêndice 4.1 são apresentados os mapas estaduais contendo as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas para o período de fevereiro a abril, para cenários 2050 e 2070.

Analisando-se os meses de fevereiro a abril, período correspondente à maturação e colheita das variedades de *Vitis vinifera* L., foi possível observar que para a temperatura mínima as maiores anomalias positivas (aumento de temperatura) foram observadas nos meses de abril e, as menores, foram observadas no mês de fevereiro para os dois cenários. As maiores anomalias positivas foram observadas em Campos Novos. Somente em Bom Retiro foram observadas anomalias negativas (redução da temperatura mínima) para o mês de fevereiro, nos cenários 2050 e 2070. Para as temperaturas médias e máximas, as maiores anomalias positivas foram observadas no mês de março e as

menores para o mês de fevereiro para os cenários 2050 e 2070. Os maiores valores de anomalia foram observados em Campos Novos e os menores em Bom Retiro.

Tabela 4.1 Temperaturas mínimas, médias e máximas (°C) mensais (janeiro a abril) estimadas para os cenários atual, 2050 e 2070 para os locais de estudo.

	T min (°C) atual			T min (°C) 2050			T min (°C) 2070		
Local	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr
Água Doce	14,6	13,4	10,7	16,1	15,7	13,0	16,5	16,4	13,7
Bom Retiro	15,1	14,0	11,1	15,0	15,3	12,4	15,0	15,7	12,9
Campos Novos	16,0	14,9	12,1	17,4	17,2	14,5	17,8	18,0	15,3
São Joaquim	13,4	12,2	9,2	13,5	13,6	10,7	13,6	14,1	11,2
Videira	17,2	16,0	13,4	18,5	18,2	15,6	19,0	18,9	16,4
Média	15,3	14,1	11,3	16,1	16,0	13,2	16,4	16,6	13,9
	T med (°C) atual			T med (°C) 2050			T med (°C) 2070		
Local	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr
Água Doce	18,8	17,5	15,1	20,1	20,0	17,2	20,5	20,8	17,9
Bom Retiro	19,1	17,7	15,3	19,2	19,2	16,5	19,3	19,6	16,9
Campos Novos	20,2	19,0	16,4	21,5	21,5	18,5	21,9	22,3	19,3
São Joaquim	17,4	16,1	13,5	17,9	17,9	14,9	18,1	18,5	15,4
Videira	21,3	20,1	17,6	22,5	22,4	19,7	23,0	23,2	20,4
Média	19,4	18,1	15,6	20,2	20,2	17,4	20,6	20,9	18,0
	T max (°C) atual			T max (°C) 2050			T max (°C) 2070		
Local	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr
Água Doce	25,2	24,3	21,2	26,4	26,9	23,1	26,8	27,7	23,8
Bom Retiro	24,5	23,4	20,7	24,9	25,0	21,8	25,0	25,5	22,1
Campos Novos	26,3	25,3	22,3	27,5	28,0	24,3	27,9	29,0	24,9
São Joaquim	23,0	21,9	18,9	23,9	24,2	20,2	24,2	25,0	20,6
Videira	27,4	26,4	23,6	28,6	29,0	25,6	28,9	29,8	26,3
Média	25,3	24,3	21,3	26,3	26,6	23,0	26,6	27,4	23,5

Tabela 4.2 Anomalias (°C) mensais estimadas para os cenários 2050 e 2070 para os locais de estudo. Anomalia corresponde a diferença entre os valores do cenário considerado e os valores do cenário atual.

Local	Anomalia de T min (°C) 2050			Anomalia de T min (°C) 2070		
	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr
Água Doce	1,5	2,2	2,3	2,0	3,0	3,0
Bom Retiro	-0,1	1,3	1,4	-0,1	1,7	1,8
Campos Novos	1,4	2,3	2,4	1,8	3,1	3,2
São Joaquim	0,1	1,4	1,5	0,2	1,9	2,1
Videira	1,4	2,1	2,2	1,8	2,8	2,9
Média	0,9	1,9	2,0	1,1	2,5	2,6
Máximo	1,5	2,3	2,4	2,0	3,1	3,2
Mínimo	-0,1	1,3	1,4	-0,1	1,7	1,8
Local	Anomalia de T med (°C) 2050			Anomalia de T med (°C) 2070		
	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr
Água Doce	1,3	2,4	2,1	1,8	3,2	2,8
Bom Retiro	0,2	1,5	1,2	0,2	1,9	1,6
Campos Novos	1,3	2,5	2,2	1,7	3,4	2,9
São Joaquim	0,5	1,8	1,4	0,7	2,4	1,9
Videira	1,3	2,3	2,1	1,7	3,1	2,8
Média	0,9	2,1	1,8	1,2	2,8	2,4
Máximo	1,3	2,5	2,2	1,8	3,4	2,9
Mínimo	0,2	1,5	1,2	0,2	1,9	1,6
Local	Anomalia de T max (°C) 2050			Anomalia de T max (°C) 2070		
	Fev	Mar	Abr	Fev	Mar	Abr
Água Doce	1,2	2,6	1,9	1,5	3,5	2,6
Bom Retiro	0,4	1,6	1,0	0,5	2,2	1,4
Campos Novos	1,2	2,7	1,9	1,6	3,6	2,6
São Joaquim	0,9	2,3	1,3	1,2	3,0	1,7
Videira	1,2	2,6	2,0	1,5	3,4	2,6
Média	1,0	2,4	1,6	1,3	3,1	2,2
Máximo	1,2	2,7	2,0	1,6	3,6	2,6
Mínimo	0,4	1,6	1,0	0,5	2,2	1,4

A espacialização das anomalias de temperaturas mensais mínimas, máximas e médias (°C) mensal (fevereiro, março e abril) para os cenários 2050 e 2070 podem ser observados no Apêndice 4.2.

Considerando-se que as temperaturas são utilizadas quantitativamente para cálculo dos índices agrometeorológicos, temperaturas mais elevadas também aumentarão, submetendo a cultura a ter sua fase de maturação a colheita sob condições de temperaturas acima dos ideais para o cultivo de variedades de *Vitis vinifera* L. var.

Cabernet Sauvignon sob pena de declínio da qualidade dos frutos. Há uma estreita ligação das temperaturas com os processos do metabolismo secundário, responsáveis pelo acúmulo de antocianinas e, conseqüentemente, na qualidade do vinho (KENTARO; SUMAYA; GEMMA, 2005; ROUBELAKIS-ANGELAKIS; KLIEWER, 1986).

Nas Figuras 4.1 a 4.6 podem ser observadas as anomalias para as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas para os meses de fevereiro a abril para os cenários atual, 2050 e 2070 no Estado de Santa Catarina, considerando-se o cenário B2.

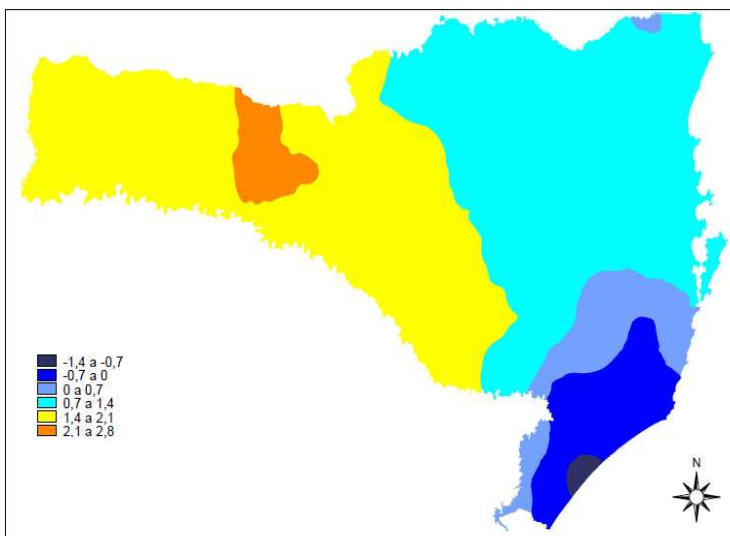


Figura 4.1 Anomalias das médias de temperatura mínima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2050 e cenário atual.

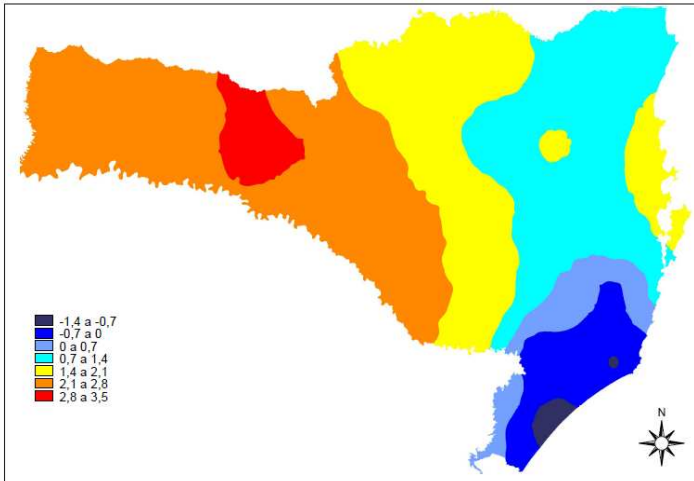


Figura 4.2 Anomalias das médias de temperatura mínima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2070 e cenário atual.

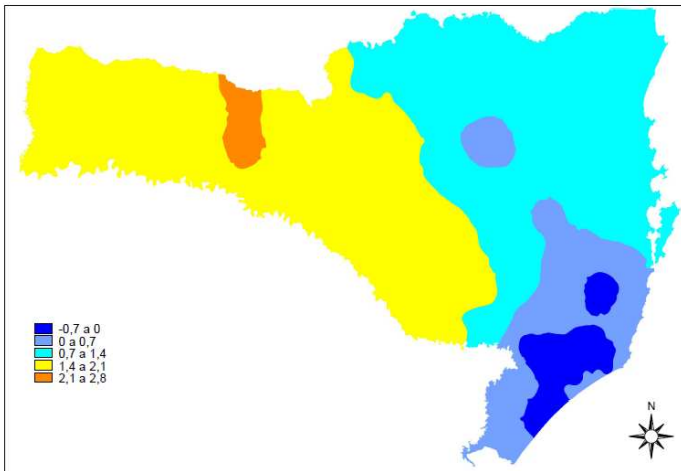


Figura 4.3 Anomalias das médias de temperatura média entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2050 e cenário atual.

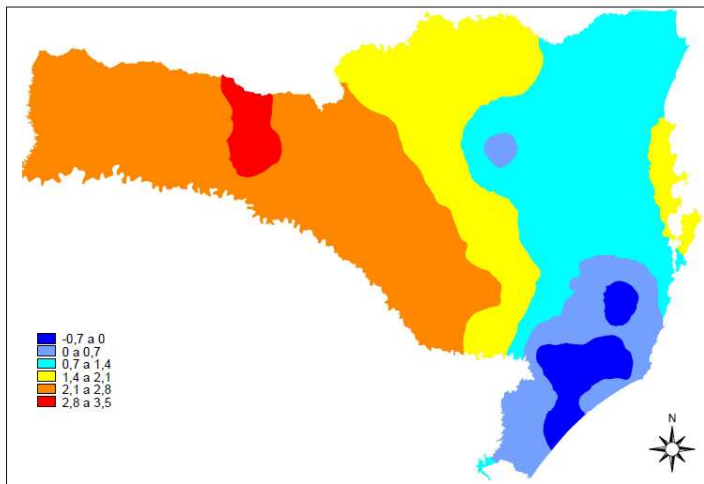


Figura 4.4 Anomalias das médias de temperatura média entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2070 e cenário atual.

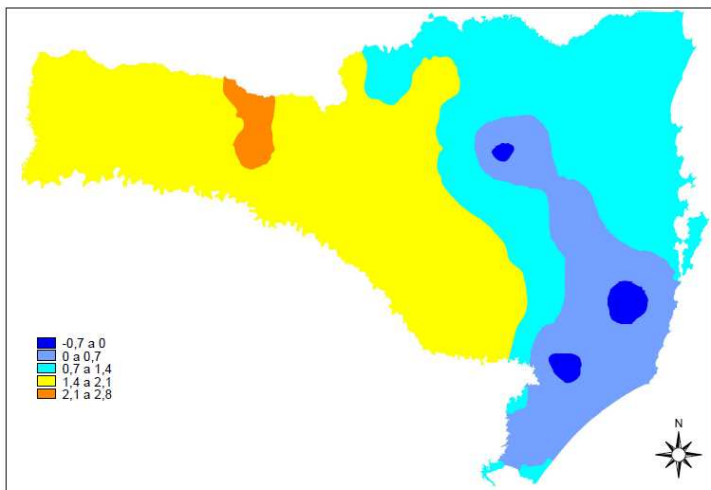


Figura 4.5 Anomalias das médias de temperatura máxima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2050 e cenário atual.

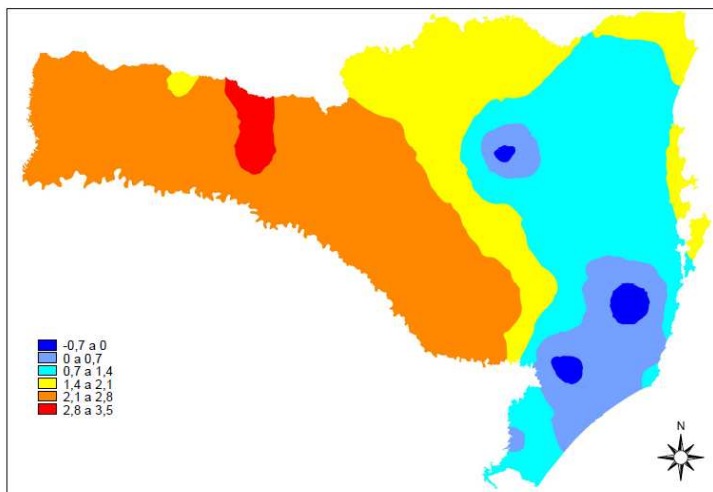


Figura 4.6 Anomalias das médias de temperatura máxima entre os meses de fevereiro e abril para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário 2070 e cenário atual.

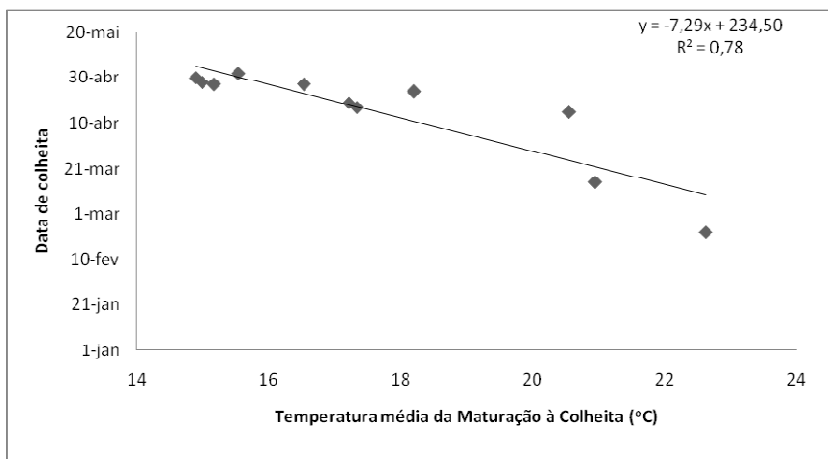


Figura 4.7 Relação entre as datas de colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* e as temperaturas médias observadas durante o período da maturação a colheita para locais e safras observados no Estado de Santa Catarina.

Houve um efeito significativo entre temperatura média no período da 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 devida aos locais ou safras mais quentes que ocasionou um maior acúmulo de graus-dia. Portanto, os cenários 2050 e 2070 apontaram uma tendência de aumento da temperatura média praticamente em todo o Estado de Santa, conseqüentemente, poderá ocorrer uma antecipação da data de colheita. Essa antecipação da data de colheita já foi observada em Bordeaux- França. Jones et al. (2000) mostrou um efeito significativo da antecipação da data de colheita, no período de 1952 a 1997, de registros de fenologia da cultura da videira, variedades *Cabernet Sauvignon* e *Merlot*.

4.3.2 Amplitudes térmicas

No cenário 2050 (Figura 4.8) observa-se que a amplitude térmica vai reduzir em quase todo o Estado. Somente uma pequena área no Litoral Sul do Estado apresentou aumento da amplitude térmica. No cenário 2070 (Figura 4.9) observa-se ampliação da área do Estado que apresentará diminuição da amplitude térmica, quando comparado ao cenário 2050. No Litoral Sul do Estado, houve aumento da área e do valor da anomalia da amplitude térmica. Haverá um aumento da variabilidade da amplitude térmica no Estado com os cenários projetados para 2050 e 2070. O valor mínimo e máximo da média da amplitude térmica dos meses de fevereiro a abril (período que corresponde à fase de maturação a colheita para variedades de *Vitis vinifera L.* no Estado de Santa Catarina) foi 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 sofrer alterações, pois a radiação solar tem uma relação direta com a amplitude em função da amplitude térmica. Massignam et al. (2007) testaram três modelos para a estimativa da radiação solar diária em função da amplitude térmica e concluíram que esses modelos são ferramentas adequadas para estimar a radiação em Santa Catarina. Observaram que há aumento da radiação com o aumento da amplitude térmica. Existe então, uma

possibilidade de nos cenários futuros, haver redução da radiação solar em quase todo o Estado.

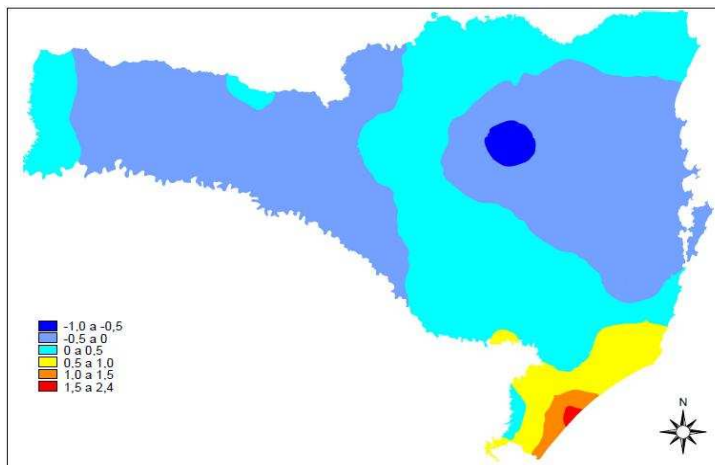


Figura 4.8 Anomalias médias de amplitude térmica no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário considerado e os valores do cenário atual.

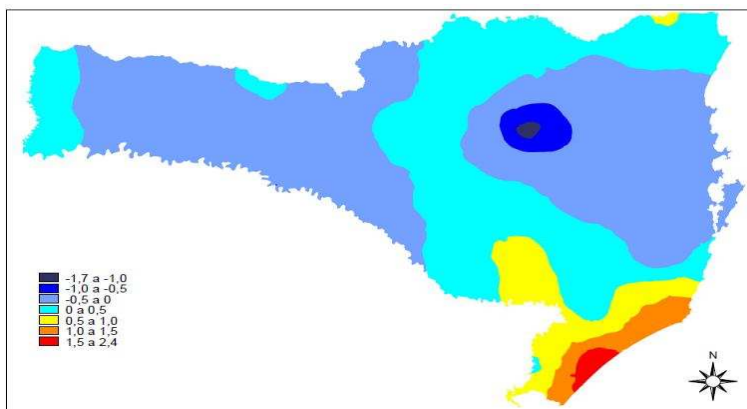


Figura 4.9 Anomalias médias de amplitude térmica no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário considerado e os valores do cenário atual.

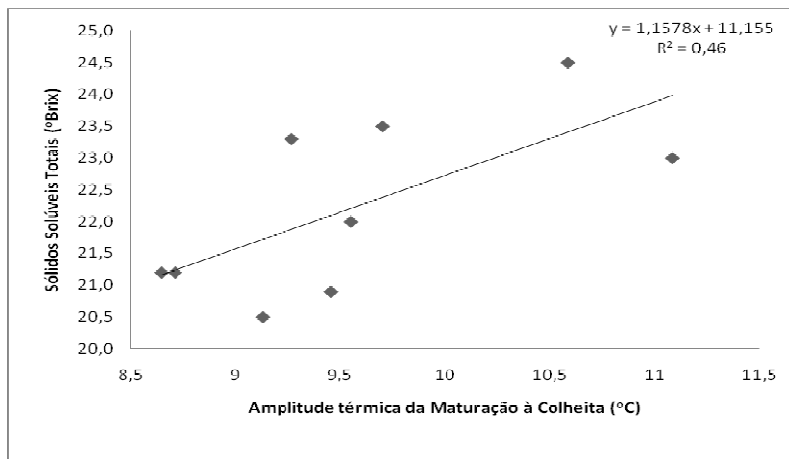


Figura 4.10 Relação entre os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) na colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* e a amplitude térmica média (°C) na fase da maturação à colheita para locais observados no Estado de Santa Catarina.

Houve uma relação diretamente proporcional entre a amplitude térmica e os sólidos solúveis totais na colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* (Figura 4.10). Assim, 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 4.8 e 4.9), verifica-se que, no Estado de Santa Catarina, haverá uma tendência de diminuição da amplitude térmica, o que poderá implicar numa redução de sólidos solúveis totais nos frutos, impactando, assim, na qualidade dos vinhos gerados. Entretanto, nas regiões de 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.

4.3.3 Horas de frio abaixo de 7,2 °C

O total de horas de frio abaixo de 7,2 °C acumulados no período de abril a setembro no cenário atual, cenário 2050 e 2070 para os diferentes locais de estudo e safras podem ser observados na Tabela 4.4. Observa-se que todos os locais apresentarão anomalias negativas para os

cenários 2050 e 2070 variando entre -191 a -236 e -279 a -374 horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para os cenários 2050 e 2070, respectivamente. As maiores anomalias observadas correspondem ao local Campos Novos e as menores foram observadas para Água Doce, em 2050 e Bom Retiro em 2070.

Tabela 4.3 Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para os cenários atual, 2050 e 2070 e anomalia os cenários 2050 e 2070 para os locais de estudo. Anomalia foi calculada pela diferença entre os e cenários 2050 e 2070 e o cenário atual.

Local	Cenário			Anomalia	
	Atual	2050	2070	2050	2070
Água Doce	687	496	408	-191	-279
Bom Retiro	829	631	592	-199	-237
Campos Novos	642	349	269	-293	-374
São Joaquim	1087	852	805	-235	-282
Videira	450	214	143	-236	-307

Atualmente, em anos mais quentes, pode ocorrer um atraso na entrada da dormência pelo menor acúmulo de horas de frio, como consequência ocorre o retardamento do início do amadurecimento pelo deslocamento das fases subsequentes à brotação.

Em quase todo o Estado de Santa Catarina haverá redução do número de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) de até 500 horas para os cenários 2050 e 2070 (Figura 4.11 e Figura 4.12). As maiores reduções serão observadas no Extremo Oeste, no Norte Catarinense em regiões próximas à divisa com o Estado do Paraná, Região Serrana e áreas mais altas do Vale do Rio do Peixe, sendo que nessas duas últimas regiões concentram-se as áreas plantadas com variedades de *Vitis vinifera* L. Em contraste, uma pequena área próxima ao Litoral Catarinense e Vale do Itajaí terá um aumento das horas de frio até 100 horas. As anomalias de horas de frio abaixo de 7,2 °C para os cenários 2050 e 2070 podem ser observadas no Apêndice 4.3.

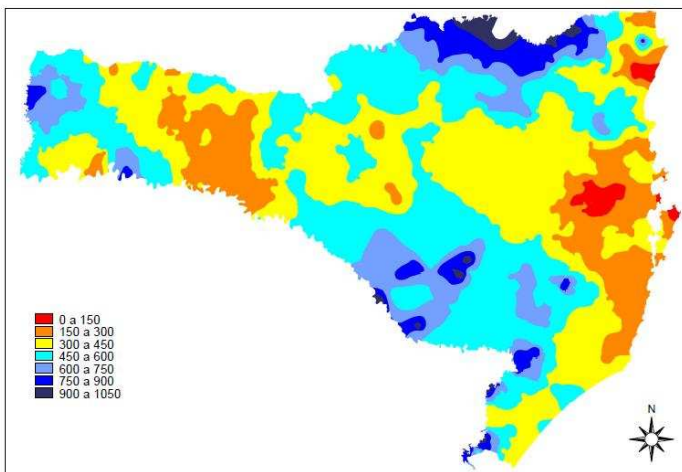


Figura 4.11 Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário atual.

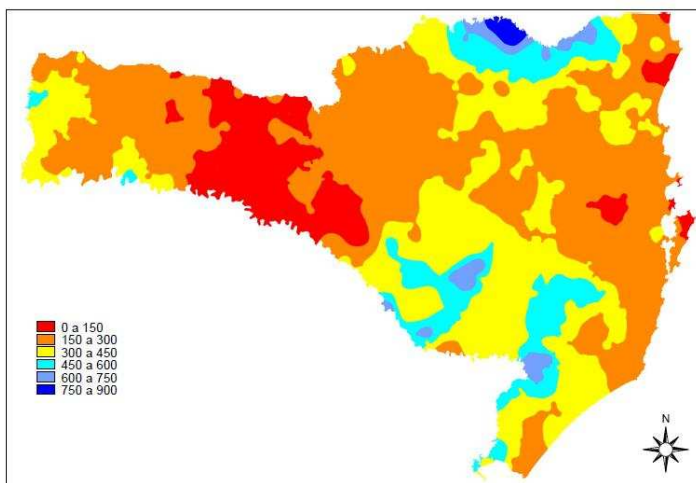


Figura 4.12 Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.

A redução das horas de frio poderá ocasionar problemas com brotação desuniforme e queda na qualidade dos frutos produzidos e o retardamento do início do amadurecimento pelo deslocamento das fases subsequentes à brotação. Além disso, a redução das horas de frio nos

cenários 2050 e 2070 terá um grande impacto na área potencial de cultivo. No zoneamento agroclimático, segundo Westphalen e Maluf (2000), o limite mínimo de 600 h é necessário para manter o nível de produtividade adequado, um ciclo longo de vida econômica e 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 houve uma redução muito grande da área com horas de frio menores que 600 horas.

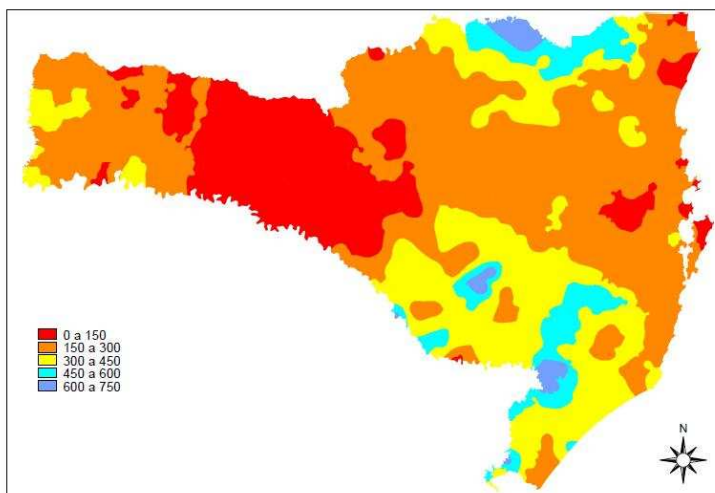


Figura 4.13 Total anual de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.

O efeito de temperaturas elevadas durante o período de pós-dormência e pré-brotação atua desfavoravelmente por reverter a superação de dormência e antecipar a brotação. A antecipação da brotação para algumas cultivares pode submeter a cultura à maior incidência de geadas primaveris. Por outro lado, a superação de dormência depende também do número de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) a qual é calculada em função das temperaturas e será tratado na sequência do capítulo.

4.3.4. Graus-dias acumulados no período da maturação à colheita

Os graus-dias acumulados no período da maturação à colheita são apresentados da Tabela 4.4 para cada local e safra de estudo, enquanto que a duração do ciclo e o acúmulo diário de energia são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.4 Duração do período da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* (dias) e graus-dias calculados para diferentes locais e safras.

Local	Safra	Duração ciclo	Soma térmica calculada	Gd/dia
Água Doce	2005/2006	76	564,8	7,4
Água Doce	2006/2007	70	815,28	11,6
Água Doce	2007/2008	73	669,38	9,2
Média		73		9,4
Bom Retiro	2005/2006	70	442,76	6,3
Bom Retiro	2006/2007	85	696,98	8,2
Média		77,5		7,3
Campos Novos	2006/2007	66	781,75	11,8
Média		66		11,8
São Joaquim	2004/2005	66	405,72	6,1
São Joaquim	2005/2006	79	638,98	8,1
São Joaquim	2006/2007	88	526,52	6
São Joaquim	2007/2008	74	500,7	6,8
Média		77		6,75
Videira	Média	48	678,9	14,1

Dos locais observados, Videira é o local que apresenta a maior quantidade de graus-dias, seguido de Campos Novos, Água Doce, Bom

Retiro e São Joaquim. Esses dois locais possuem valores que correspondem aproximadamente à metade dos valores do local com maior disponibilidade de energia (Tabela 4.5)

Na Tabela 4.6 observa-se o aumento da soma térmica (fevereiro a abril) para os cenários atual, 2050 e 2070 e anomalias para os locais de estudo.

Tabela 4.5 Total da soma térmica de (fevereiro a abril) para os cenários atual, 2050 e 2070 e anomalia os cenários 2050 e 2070 para os locais de estudo. Anomalia foi calculada pela diferença entre os cenários 2050 e 2070 e o cenário atual.

Local	Cenário			Anomalia	
	Atual	2050	2070	2050	2070
Água Doce	731	906	964	175	233
Bom Retiro	720	806	834	86	114
Campos Novos	841	1021	1081	180	240
São Joaquim	571	684	722	113	150
Videira	948	1119	1175	170	227

Tabela 4.6 Duração estimada da fase fenológica da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* estimada (dias) para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre o cenário 2050 e o cenário atual.

NOME	Ciclo médio (dias)	GD/dia médio	Anomalia GD	Redução (dias)	Duração estimada do ciclo	Redução ciclo (%)
Água Doce	73	9,4	175	19	57	26
Bom Retiro	78	7,3	86	12	58	15
Campos Novos	66	11,8	180	15	51	23
São Joaquim	77	6,7	113	17	49	22
Videira	48	14,1	171	12	36	25
Média	68,4	9,86	145	15	50,2	22,2

Tabela 4.7 Duração estimada da fase fenológica da maturação à colheita da videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* estimada (dias) para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre o cenário 2070 e o cenário atual.

NOME	Ciclo médio observado (dias)	GD/dia médio	Anomalia GD	Redução (dias)	Duração estimada do ciclo	Redução ciclo (%)
Água Doce	73	9,4	233	25	51	34
Bom Retiro	78	7,3	114	16	54	21
Campos Novos	66	11,8	240	20	46	30
São Joaquim	77	6,7	151	23	43	30
Videira	48	14,1	227	16	32	33
Média	68,4	9,86	193	20	45,2	29,6

Com o aumento das temperaturas mínimas (Figuras 4.1 e 4.2) e máximas (Figuras 4.5 e 4.6) e consequente aumento da soma térmica (Figuras 4.14, 4.15), o ciclo da cultura tenderá diminuir. Com isso, poderá ocorrer uma redução do total de radiação recebida no período entre a maturação e a colheita, como consequência poderá ter impacto na qualidade da uva e vinho. Nos locais de estudo ocorrerá uma redução média do número de dias da fase fenológica de maturação a colheita em torno de 22,2 e 29,6% para os cenários de 2050 e 2070, respectivamente (Tabelas 4.7 e 4.8). Entretanto, Bom Retiro foi o local que apresentou as menores reduções de ciclo (15% e 21%, respectivamente para os cenários 2050 e 2070).

De uma forma geral, houve um aumento do total dos graus-dias no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para os cenários 2050 (Figura 4.14) e 2070 (Figura 4.15). Os valores totais de graus-dias para o cenário atual, 2050 e 2070 podem ser observados no Apêndice 4.4. Uma pequena área no Sul do Estado apresenta uma pequena diminuição do total de graus-dias. Na maior parte do Estado de Santa Catarina, o ciclo da cultura tenderá diminuir e com isso ocorrerá uma redução do total de radiação recebida no subperíodo entre a maturação à colheita, como consequência poderá ter impacto na qualidade da uva e vinho. Nos locais onde se obteve os dados da fenologia (Tabela 4.1) ocorrerá uma redução média do número de dias da fase fenológica de maturação a colheita em torno de 22,2 e 29,6%

para os cenários de 2050 e 2070, respectivamente (dados não apresentados). Outros autores (BINDI et al., 1996; JONES et al., 2000) obtiveram resultados semelhantes, trabalhando com modelos de simulação na Itália e Estados Unidos.

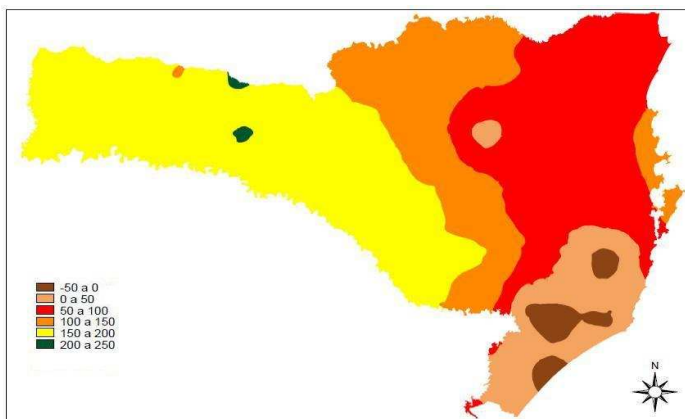


Figura 4.14 Anomalias médias do total dos graus-dias no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário 2050 e os valores do cenário atual.

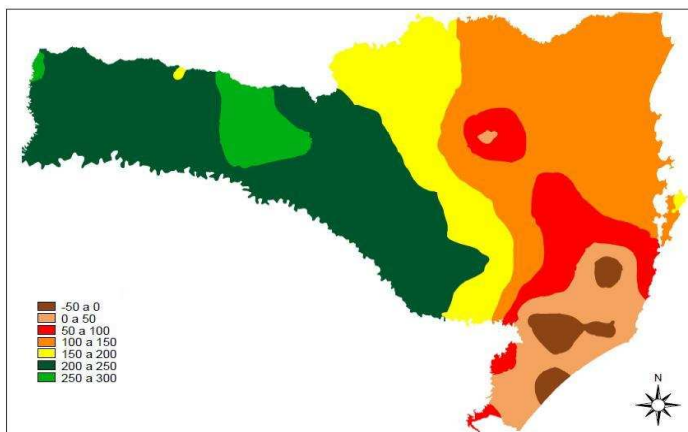


Figura 4.15 Anomalias médias do total dos graus-dias no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070. Anomalia corresponde à diferença entre os valores do cenário 2070 e os valores do cenário atual.

Os impactos das mudanças climáticas previstas poderão ser consideráveis para a produção de uva e vinho de qualidade em Santa Catarina. Entretanto, Bindi et al. (1996), em estudos do efeito do aumento do CO₂ e das temperaturas no desenvolvimento e rendimento em duas variedades de videira (*Sangiovese* e *Carbernet Sauvignon*), não conseguiram obter uma resposta conclusiva da compensação do potencial negativo do efeito das altas temperatura previstas pelos cenários das mudanças climáticas ao aumento dos teores de CO₂. Esse estudo indicou um aumento da variabilidade da produção e da qualidade do vinho, indicando um alto risco para produção do vinho. Assim, novos estudos dos efeitos das mudanças climáticas sobre a fisiologia, desenvolvimento e rendimento da videira (*Vitis vinifera*) devem ser realizados em Santa Catarina para comprovar os efeitos dessas mudanças climáticas.

As previsões futuras e seus efeitos negativos na viticultura em Santa Catarina podem ter, no melhoramento genético e em práticas agrícolas sustentáveis, as soluções possíveis, referindo-se principalmente à prospecção de genes que conferem tolerância às altas temperaturas e à menor exigência em horas de frio hibernar para eliminação da dormência das variedades de *Vitis vinifera* L. Nesse sentido, a resposta aos problemas climáticos pode estar na 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 melhoramento genético para encontrar os genótipos mais adaptados aos cenários futuros, e testar novos genótipos obtidos de cruzamentos e introduzir novas variedades de regiões de clima mais quentes. 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 como a videira que necessita de longo tempo na obtenção de uma variedade apta e de qualidade.

4.4 CONCLUSÕES

Os cenários de aumento de temperaturas mínima, média e máxima para 2050 e 2070 prevista pelo Modelo Regionalizado PRECIS, para o Estado de Santa Catarina, causadas pelas mudanças climáticas, mostraram que o cultivo de variedades de *Vitis vinifera* L. var. *Cabernet Sauvignon* será impactado pela antecipação e a redução da duração do período da maturação à colheita, com tendência de diminuição de sólidos solúveis totais nos frutos, comprometendo a qualidade dos vinhos gerados nessa região.

CAPÍTULO V– ESTIMATIVA DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ÁREA POTENCIAL DE CULTIVO DA VIDEIRA (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon* NO ESTADO DE SANTA CATARINA

5.1 INTRODUÇÃO

A viticultura é importante atividade econômica para Santa Catarina e o Estado é um dos importantes produtores do país (6° em produção de uva) (Síntese ..., 2009). Santa Catarina tradicionalmente produz vinhos de consumo corrente, elaborados com uvas americanas, mas nos últimos anos tem investido em novas tecnologias, importando inclusive mudas de *Vitis vinifera* L., visando à melhoria da qualidade dos vinhos. O objetivo é atender ao mercado dos vinhos finos, o qual vem tendo uma crescente preferência pelos consumidores brasileiros. Devido às características climáticas peculiares das regiões mais altas de Santa Catarina e à adoção das tecnologias preconizadas pela pesquisa, a expectativa é de que Santa Catarina possa ser produtora de vinhos de alta qualidade, entre os melhores do Brasil, e quem sabe, nivelando-se aos melhores vinhos chilenos e argentinos (TAGLIARI, 2003). No Estado de Santa Catarina, as áreas de produção de *Vitis vinifera* L., espécie de uva mais exigente em frio, concentra-se nas regiões de Água Doce, Bom Retiro, Campos Novos, Iomerê, Tangará, Videira, Caçador e São Joaquim. Segundo IBGE (2010), a produção média catarinense com a cultura da videira (incluindo *Vitis vinifera* e *Vitis labrusca*), no período de 2006 a 2008, foi de 53.429 toneladas/ano, cultivados em 4.754 ha/ano em média, sendo que 54% dessa área estão situadas no vale do Rio do Peixe (Síntese ..., 2009) (Figura 5.1) A próxima figura apresenta a distribuição da área plantada com a cultura da videira em Santa Catarina.

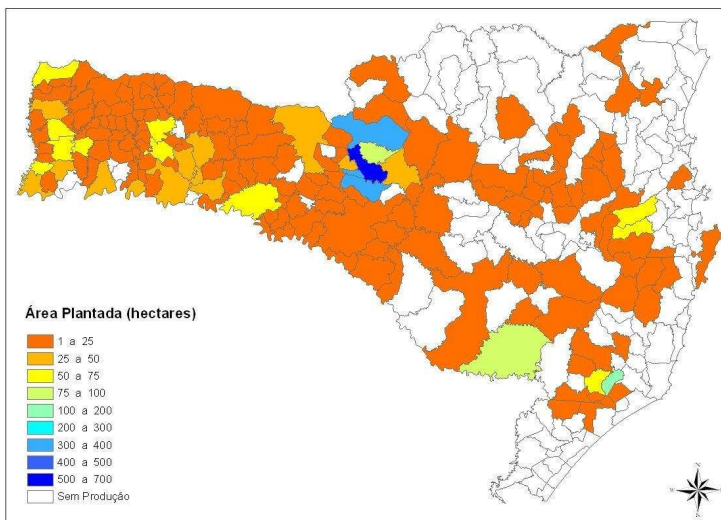


Figura 5.1 Distribuição das áreas plantadas com a cultura da videira (ha) por município no Estado de Santa Catarina. A área plantada foi a média do período de 2006 a 2008. Fonte: IBGE (2010).

Camargo, Braga e Alves (2006) mostraram um forte aquecimento da temperatura do ar ao longo dos anos em Santa Catarina, com destaque para a década de 90.

Portanto, estimar o impacto dessas mudanças para a agricultura é importante para o Estado de Santa Catarina, pois a agricultura é a responsável pela subsistência de um grande número de famílias de agricultores e de atividades da agroindústria. Entretanto, estudar as mudanças climáticas tem sido um grande desafio, pois seus impactos são complexos e podem tornar-se um grande problema não só em âmbito global, mas também em nível regional e local. O uso de cenários agrícolas, simulando-se as mudanças climáticas, permite estimar os impactos dessas mudanças na agricultura e a propor estratégias de atuação por parte dos envolvidos no setor agrícola, desde governo até o setor privado para desenvolver pesquisas em melhoramento genético, manejo agrícola e escolha de espécies promissoras adaptadas aos novos panoramas climáticos (PANDOLFO et al., 2007a).

Em Santa Catarina, estimativas dos impactos do aumento linear de 2°C nas temperaturas médias, máximas e mínimas do ar, mantendo o total de precipitação nos mesmos valores observados na atualidade para as culturas da maçã e da banana, mostraram uma redução da área

potencial de indicação para plantio de maçã de todos os grupos (diferentes exigências em frio) e ampliação da área potencial de plantio para banana (PANDOLFO et al., 2007b).

Pandolfo et al. (2009), utilizando os critérios do zoneamento agrícola propostos por Agroconsult (2010), estimaram o impacto das mudanças climáticas no zoneamento agrícola para videira *Vitis vinifera* L., em Santa Catarina, para 2030, 2060 e anos futuros, utilizando análise de tendência de horas de frio $\leq 7,2$ °C observada. Os autores estimaram uma redução nas áreas potenciais de cultivo e essa redução será maior nas áreas de maior produção da videira atualmente.

Atualmente existem metodologias sendo utilizadas para gerar os cenários futuros com informações climáticas diferenciadas em função da região de interesse. A técnica mais aceita para traduzir relativamente a baixa resolução espacial dos modelos climáticos globais para escalas mais refinadas é obtida com a regionalização (“downscaling”) das projeções desses modelos, usando modelos climáticos regionais de mais alta resolução sobre a área de interesse e tendo como condições de fronteira (ou de contorno), nas fronteiras laterais do domínio geográfico do mesmo, dados provenientes do modelo climático global (ASSAD; PINTO, 2008).

Um dos modelos utilizados adotam implicações climáticas projetadas regionalmente pelo modelo regional PRECIS, sempre com referência à média climática de 1961-90. São projeções geradas em função de diferentes concentrações de gases de efeito estufa, decorrentes dos cenários SRES A2 e B2 (pessimista e otimista), para a precipitação e temperatura do ar (média, máxima e mínima) (ASSAD; PINTO, 2008).

O objetivo deste trabalho foi estimar o impacto das mudanças climáticas na área potencial de cultivo da videira *Vitis vinifera* L., no Estado de Santa Catarina, através da elaboração de cenários climáticos (atual e futuro), em função das projeções do modelo climático regionalizado PRECIS (escala regional de 50 km, Cenário B2) para os anos de 2050 e 2070.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram gerados três cenários de zoneamento agrícola para videira *Vitis vinifera* L., no Estado de Santa Catarina, o cenário atual, cenário 2050 e cenário 2070. O cenário atual foi gerado com base na climatologia do Atlas Digital do Estado de Santa Catarina (PANDOLFO et al., 2002), nas equações de estimativa do total anual de horas frio ($HF \leq 7,2^\circ\text{C}$) (MASSIGNAM et al., 2006) e nas equações de estimativas de temperaturas mínima, máxima e média para o Estado de Santa Catarina com base decendial (MASSIGNAM; 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, o qual foi 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 50 km, com projeções feitas com base na escala decendial e mensais.

As horas de frio $\leq 7,2^\circ\text{C}$, acumuladas para o período de abril a setembro, foram estimadas para os cenários 2050 e 2070 em função das temperaturas mínima provenientes do PRECIS, através da equação publicada por Massignam et al. (2006). A probabilidade de ocorrência da primeira e última geada, para um risco de 0,80, foi calculada por equações de estimativa em função de coordenadas e altitude (PANDOLFO et al., 2010, aceito para publicação).

O zoneamento agrícola para os três cenários foram elaborados utilizando o ZonExpert 1.0 (PANDOLFO et al., 1999) com as seguintes classes: preferencial, tolerada e cultivo não recomendado. Os critérios para definição da classe preferencial do zoneamento agrícola foram: i) horas de frio anual $\leq 7,2^\circ\text{C}$ (abril a setembro) > 600 horas; ii) data limite de ocorrência de última geada (a 0,8 de probabilidade) = 26/10; iii) porcentagem de área do município com indicação para plantio: $> 30\%$.

Os critérios para definição da classe tolerada do zoneamento agrícola foram: i) horas de frio anual $\leq 7,2^\circ\text{C}$ (abril a setembro) > 500

horas e ≤ 600 ; ii) data limite de ocorrência de última geada (a 0,8 de probabilidade) = 26/10; iii) porcentagem de área do município com indicação para plantio: $> 30\%$. O software ILWIS 3.2 Academic foi utilizado para a espacialização do zoneamento para os três cenários.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O zoneamento para a cultura da videira *Vitis vinifera* L., em Santa Catarina, para o cenário atual (Figura 5.2) mostra que existem trinta e dois municípios na classe recomendado e quarenta e oito municípios na classe tolerado ao plantio.

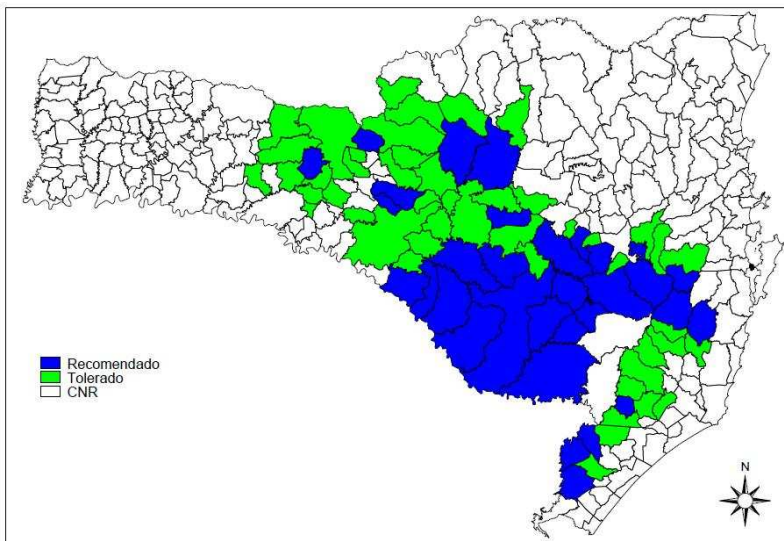


Figura 5.2 Zoneamento para a cultura da videira *Vitis vinifera* L. em Santa Catarina para o cenário atual.

No zoneamento agrícola para o cenário 2050, observa-se que um grande número de municípios, que eram classificados com plantio tolerado e preferencial, passam a ser classificados como cultivo não recomendado (Figura 5.3). Essa drástica redução da área potencial de plantio recomendado e tolerado (74% e 72%, respectivamente) (Tabela 5.1) foi devida principalmente à redução do número de horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$, como consequência do aumento das temperaturas mínimas. Por

outro lado, o aumento das temperaturas mínimas diminuiu a probabilidade de ocorrência de geada e alguns municípios que apresentavam restrição ao plantio quanto à geada passam a ser recomendados. Os municípios de Bom Jardim da Serra e Urubici que no zoneamento atual eram enquadrados como cultivo não recomendado passam em 2050 ter menor risco de geada na brotação e muda de classe, passam a ser enquadrados para a classe plantio tolerado.

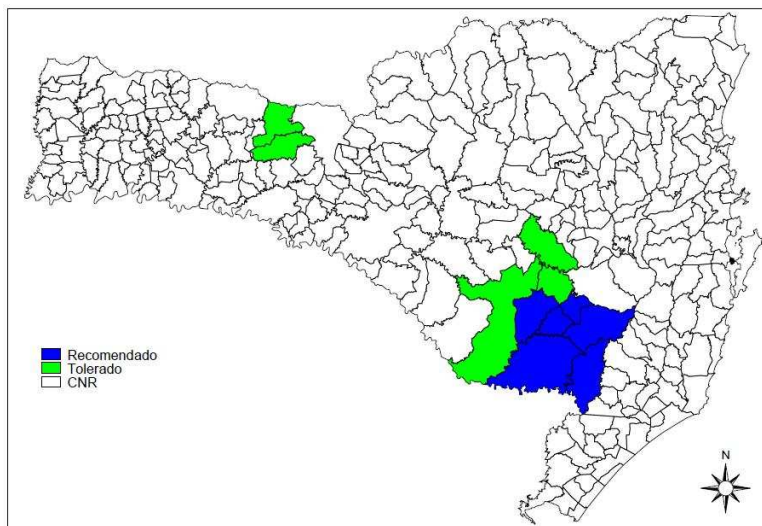


Figura 5.3 Zoneamento para a cultura da videira *Vitis vinifera* L em Santa Catarina para o cenário 2050.

Tabela 5.1 Área total (km²) dos municípios classificados como plantio recomendado e plantio tolerado nos cenários atual, 2050 e 2070 em Santa Catarina.

Cenário	Recomendado (km ²)	Tolerado (km ²)	Total (km ²)
Atual	20.695,6	18.787,9	39.483,50
2050	5.224,3	5.170,6	10.394,90
2070	4195,3	1029,0	5.224,30

O zoneamento agrícola para o cenário 2070 limita um número maior de municípios classificados como preferenciais e tolerados ao cultivo (Figura 5.4). Houve uma redução da área potencial de plantio recomendado e tolerado (80% e 95%, respectivamente). Somente os

municípios de Urubici, Urupema, São Joaquim e Bom Jardim da Serra são preferenciais enquanto Paineira e Rio Rufino são classificados como tolerados.

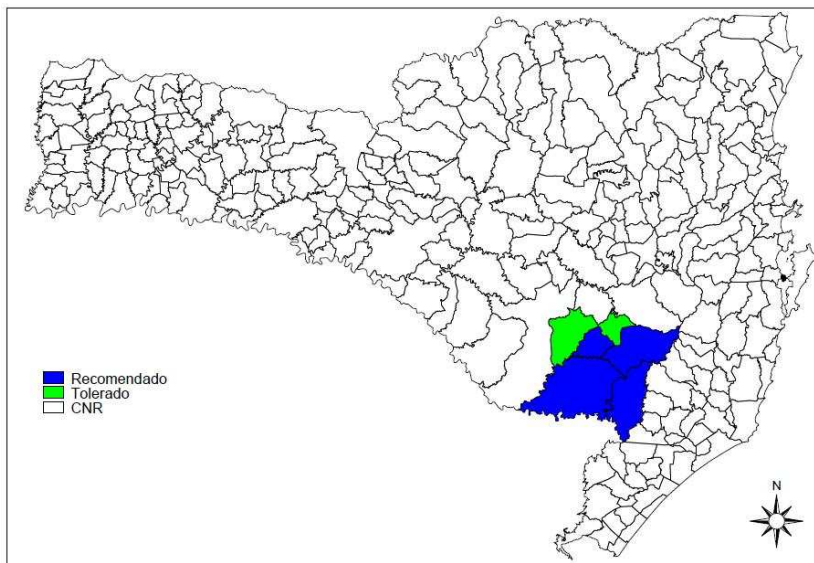


Figura 5.4 Zoneamento para a cultura da videira *Vitis vinifera* L em Santa Catarina para o cenário 2070.

Com o aumento das temperaturas mínimas (cenários 2050 e 2070), o ciclo da cultura diminuirá e com isso ocorrerá uma redução do total de radiação recebida no período da maturação à colheita, o que poderá ter impacto na qualidade da uva e, consequentemente, dos vinhos. Os autores (KENTARO; SUGAYA; GEMMA, 2005; ROUBELAKIS-ANGELAKIS; KLIEWER, 1986) relatam a estreita ligação das temperaturas com os processos do metabolismo secundário, responsáveis pelo acúmulo de antocianinas e, consequentemente, na qualidade do vinho.

Haverá uma redução da área potencial de variedades de videira *Vitis vinifera* L. em torno de 74% e 87% para o cenário de 2050 e 2070, respectivamente. Entretanto, em ambos os cenários a atual região produtora (Figura 5.2) passará a ser considerada no zoneamento agrícola como região não recomendada. Essa redução de área potencial da videira *Vitis vinifera* L., observada no zoneamento do cenário 2050 (Figura 5.3) em relação ao zoneamento atual (Figura 5.2), é maior do que as publicadas por Pandolfo et al. (2009), que utilizaram outra

metodologia para estimar o total de horas de frio $\leq 7,2$ °C. Entretanto, os cenários 2050 e 2070, classificados com B2, segundo Nakicenovic et al. (2010), caracterizam-se por serem cenários mais otimistas em relação às expectativas de mudanças climáticas. Apresentam uma drástica redução da área potencial, demonstrando a gravidade da situação de cultivo da videira *Vitis vinifera* L. em Santa Catarina. Portanto, medidas preventivas e elaboração de propostas estratégicas devem ser construídas para garantir a adequada produção de variedade *Vitis vinifera* L. no Estado, entre elas, avaliação e introdução de variedades mais adaptadas às temperaturas mais tropicais. Os programas de melhoramento genético devem levar em consideração o aumento das temperaturas e diminuição das horas de frio $\leq 7,2$ °C para adaptar ou desenvolver novas variedades. Além disso, deve-se explorar outros microclimas favoráveis ao estabelecimento dessa espécie de forma a garantir não só produtividade, mas principalmente qualidade por se tratar de um cultivo ao qual vai ser agregado valor pelo processo de produção de vinhos finos.

A listagem completa dos municípios recomendados para o plantio em todos os cenários pode ser observada no Apêndice 5.1.

5.4 CONCLUSÕES

As projeções de aumento de temperatura proveniente do modelo PRECIS para os anos de 2050 e 2070, para o Estado de Santa Catarina, considerando um cenário otimista (B2), mostraram:

- Uma drástica redução da área potencial de cultivo da videira *Vitis vinifera* L., tanto a área classificada como preferencial ou tolerada;
- deslocamento da área potencial de cultivo para regiões mais frias, sendo que parte dessas áreas não têm o cultivo recomendado atualmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variabilidade temporal foi maior que a variabilidade espacial da ocorrência dos principais sistemas atmosféricos durante o período da maturação à colheita de videira (*Vitis vinifera* L.) var. *Cabernet Sauvignon*. Portanto a identificação dos sistemas, que se destacam nas safras avaliadas e nas regiões estudadas, dá novo enfoque às relações de clima e tempo sob a ótica da agricultura, mais especificamente o cultivo da *Cabernet Sauvignon*, por explicar as variáveis agrometeorológicas tão avaliadas em experimentos, mas nunca relacionadas com os sistemas atmosféricos locais.

Os aumentos de temperaturas previstos pelo modelo PRECIS para 2050 e 2070, devido às mudanças climáticas em função de um cenário otimista, para o Estado de Santa Catarina, mostraram que o cultivo de variedades de *Vitis vinifera* L. var. *Cabernet Sauvignon* será impactado pela antecipação e a redução da duração do período da maturação à colheita, com tendência de diminuição de sólidos solúveis totais nos frutos, comprometendo a qualidade dos vinhos gerados nessa região e redução da área potencial. Associada à qualidade do fruto, as áreas potenciais de cultivo sofrerão redução. Será observado também um deslocamento da área potencial de cultivo para regiões mais frias, sendo que parte dessas áreas não tem o cultivo recomendado no cenário atual. Apesar do impacto desses resultados, cabe ressaltar que, a geração desses cenários agrícolas, não levou em consideração o fator hídrico, incidência de pragas e doenças, o nível tecnológico, as possibilidades de adaptação de cada espécie frente às adversidades climáticas e que foi gerado somente para cultivares mais exigentes em frio.

Em função das tendências observadas em relação ao clima nos próximos anos, espera-se que o acompanhamento do deslocamento das áreas potenciais estimule o uso de variedades ou cultivares mais adaptadas regionalmente, bem como o desenvolvimento de pesquisas de melhoramento genético, principalmente 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. Santa Catarina necessita da criação de banco de germoplasmas com variedades tolerantes e resistentes, da criação de um programa de melhoramento genético para encontrar os genótipos mais adaptados aos cenários futuros, testar novos genótipos obtidos de

cruzamentos e introduzir novas variedades de regiões de clima mais quentes.

Sugere-se que a rede de pesquisadores na área de vitivicultura utilize um padrão quanto às anotações de fenologia entre os locais de observação. Experimentos em rede necessitam de uma padronização de anotações, sob risco de perdas importantes de resultados nessas pesquisas.

Resultados mais consistentes poderão ser obtidos pela continuidade deste estudo de avaliações dos sistemas atmosféricos, pelo uso de anotações de fenologia padronizadas e pela avaliação de variáveis em comum que expressam a qualidade do fruto e do vinho por diferentes pesquisadores ou instituições. Uma maior série histórica desses dados favorecerá a proposição de um padrão de circulação atmosférica característica dessas importantes regiões produtoras de *Cabernet Sauvignon*; quem sabe culminando para uma nova ênfase aos *terroirs*. Agregar novas variáveis qualitativas para avaliação da qualidade dos frutos de *Cabernet Sauvignon* dará consistência aos estudos já que, neste trabalho, somente foi observada uma relação indireta entre sólidos solúveis totais e os sistemas atmosféricos.

REFERÊNCIAS

AGROCONSULT. **Zoneamento de Riscos Climáticos da Cultura da Videira Americana e Videira Europeia, no Estado de Santa Catarina, referente ao ano Agrícola de 2009/2010**. Rio de Janeiro. 2010. 10 p. (Relatório Técnico).

ALCÂNTARA, F.; CAMARGO, A.B. **Manual de Análise do Diagrama Skew-T/Log-P**. Brasília, Ministério da Aeronáutica, MMA-DR-105-07, jul. 1969, 112p.

ANDRADE, K.; CAVALCANTI, I. F. A. Climatologia dos sistemas frontais e padrões de comportamento para o verão na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2004. **Anais**.

ASSAD, E. D. et al. Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

ASSAD, E.; PINTO, H. S. (Coord.). **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa/UNICAMP, 2008. 84 p.

BARHAM, E. Translating terroir: the global challenge of French AOC labeling. **Journal of Rural Studies**, v. 19, p. 127-138, Jan. 2003.

BELL, G. D.; BOSART, L.F. A case study diagnosis of the formation of an upper-level cut off cyclonic circulation over the eastern United States. **Monthly Weather Review**, v.121, n .6, p. 1635-1655, 1993.

BEVILAQUA, G. A. P. Avaliações físico-químicas durante a maturação de videiras cultivadas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 3, p. 151-156, 1995.

BINDI, M. et al. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. **Climate Research**, vol. 7, p.213-224, 1996.

BLUESTEIN, H.B. **Synoptic-dynamic meteorology in midlatitudes**. v.. I. New York: Oxford University Press, 1992. p. 431

BONIN, V.; BRIGHENTI, E. Situação atual e tendências da vitivinicultura na região de São Joaquim. IN: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 6., 2005, São Joaquim, Sc. Resumos. São Joaquim: Epagri, 2005. p. 68-71.

BRAGA, H. J. **Previsão agrícola**: uma nova abordagem. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

BRAGA, H. J. et al. **Zoneamento da Videira Europeia. (*Vitis vinifera* L). no Estado de Santa Catarina**. Nota técnica. Florianópolis. Ministério da Agricultura e Abastecimento. 2001.

BRIGHENTI, E.; BONIN, V. Comportamento fenológico de cultivares de videira (*Vitis vinifera*), na região de São Joaquim, SC. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 8, 2008, São Joaquim, SC. **Resumos**. São Joaquim: Epagri, 2008. p. 66-70.

BRITO, F.A. Uva. In: ICEPA – Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2003-2004**. Florianópolis, 2004. p. 138-142.

CABRITA, M. J.; RICARDO-DA-SILVA, J. E.; LAUREANO, O. Os Compostos Polifenólicos das Uvas e Vinhos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE VITIVINICULTURA, 1, Enseñada, México. **Anais Eletrônicos...** Lisboa: ISA, UTL, 2003.

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, nov. 2006. p. 31-35.

CAVALCANTI, I. F. A. **Alguns aspectos da circulação da atmosfera próxima à América do Sul e interações com a região Antártica**. 1984. p. 87. (INPE-3308-PRE/618).

CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. **Climatology of South American old fronts**. VII International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 24-28 march 2003, Wellington, New Zealand, 2003.

COTTON, W.R.; ANTHERS, R. A. **Storm and cloud dynamics**. Academic Press., p. 883. 1989.

DE FINA, A. L. **Climatologia y fenología agrícolas**. Buenos Aires: Eudeba. p. 351. 1973.

ELIAS, M. **IV Curso de interpretação de imagens e análise meteorológica**. Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, 1995.
EPAGRI. **Monitoramento diário**. Relatórios. CIRAM, 2009.

ERN, R.; SILVA, A. L. da; VIEIRA, H. J. **Implantação da Indicação Geográfica (Ip – Indicação De Procedência) “Vales da Goethe” Região de Urussanga - Santa Catarina – Brasil.** Projeto. Florianópolis, 2005.

FALCÃO, L.; D. **Caracterização analítica e sensorial de vinhos Cabernet Sauvignon de diferentes altitudes de Santa Catarina.** 2007. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FAO. FAOSTATS. Crops production. Disponível em:
<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 10 maio 2010.

FEDOROVA, N. **Meteorologia Sinótica.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Ed Universitária, v. 2, 2001. p. 242.

FERREIRA, C.C. **Ciclogêneses e ciclones extratropicais na Região Sul - Sudeste do Brasil e suas influências no tempo.** INPE-4812-TDL/359, 1989.

FERREIRA, M. A. et al. Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira ‘Cabernet Sauvignon’ sobre diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n.3, p.439-445, 2004.

FREITAS, D. M. de. **Variação dos compostos fenólicos e de cor dos vinhos de uvas (*Vitis vinifera*) tintas em diferentes ambientes.** 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

GAN, M.A.; KOUSKY, V.E. **Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e**

Leste do Brasil. São José dos Campos: INPE (INPE – 3579-PRE/227), 1982.

GAN, M.A.; RAO, V.B. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v 119, p. 1293-1302, 1991.

GONZÁLEZ, G. et al. Varietal differentiation of Tannat, Cabernet Sauvignon and Merlot grapes and wines according to their anthocyanic composition. **Eur. Food Res. Technol.** v. 225, p. 111-117, 2007.

GRIMM, A. M. et al. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal Climate**, AMS, v. 11, p. 2863-2880, 1998.

GRIMM, A. M. **Meteorologia Básica – notas de aula.** Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo>>. Acesso em: 09 mar.2010.

GUERRA, C. C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração dos vinhos. Viticultura e Enologia, atualizando conceitos. In: REGINA, M.A. et al. **Viticultura e enologia:** atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p.179-192.

GUERRA, C. C. et al. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 70p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 48). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/tonietto-sizv4.pdf>>

HUGLIN, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieuviticole. In: **Symposium International sur L'écologie de la Vigne**, l., 1978, Constança, Roumanie. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, p.89-98.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Prognóstico da Produção Agrícola - Culturas Permanentes**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for Policymakers: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. This Summary for Policymakers was formally approved at the 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, Feb. 2007.

JOHNS, T.C. et al. Anthropogenic climate change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios. **Climate Dynamics**, v.20, p. 583-612, 2003.

JONES, G. Climate change and wine: Observations, impacts and future implications. **Wine Industry Journal**. v. 21, n. 4, Jul./aug. 2006. Disponível em: <www.winebiz.com.au>..

JONES, G.V.; DAVIS, R. E. Using a synoptic climatological approach to understand climate-viticulture relationships. **Int. J. Climatol**. 20: 813 – 837 (2000).

JONES, G.V. Climate Influences on Grapevine Phenology, Grape Composition, and Wine Production and Quality for Bordeaux, France. **Am. J. Enol. Vitic**. v. 51, n. 3, 2000a.

JONES, G.V. Climate change in the Wertern United States grape growing regions. Proc. VIIth IS on Grapevine. Ed. L. E. Williams. **Acta Hort**. 689, ISHS 2005. p. 41-59.

JONES, R.G. et al. **Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS**, Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, p. 40, 2004.

JORDÃO, A. M.; RICARDO-DA-SILVA, J.M.; LAUREANO, O. Influência da rega na composição fenólica das uvas tintas da casta Touriga Francesa (*Vitis vinifera* L.). **Cienc. Tecnol. Aliment.** v. 2, p. 60-73, 1998.

KENTARO, M.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. Regulatory Mechanism of Anthocyanin Biosynthesis in 'Kyoho' Grape Berries Grown under Different Temperatura Conditions. **Environ. Control in Biol.**, v. 42, n. 1, p. 21-30, 2004.

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

KISHINO, A.; CARVALHO, S.L.C.; ROBERTO, S. R. **Viticultura Tropical**. Londrina: IAPAR, 2007. p. 366.

KLIEWER, W.M.; TORRES, R. E. Effect of Controlled Day and Night Temperatures on Grape Coloration. **Am. J. Enol. Vitic**, n. 23, p. 71-77, 1972.

KOUSKY, V.E.; ELIAS, M. **Meteorologia sinótica** – São José dos Campos: INPE – 2605 – MD/021, 1982. p. 107.

LEJENAS, H. Characteristics of Southern Hemisphere blocking as determined from a time series of observational data. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, n. 110, p. 967-979, 1984.

LOURENÇO, M.C. **Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis que atuam no Sul da América do Sul.** 1996. Dissertação (Mestrado) – INPE, São José dos Campos, 1996.

MADDEN, R. A.; JULIAN, P. R. Description of a 40-50- Day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. **J. Atmos. Sci.**, n. 28, p. 702-708, 1971.

MALINOVSKI, L. I. **Comportamento vitícola da videira (Vitis vinifera L.) variedade cabernet sauvignon nos municípios catarinenses de Campo Alegre, Campo Belo do Sul e Bom Retiro. 2009. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.**

MANDELLI, F. **Relações entre variáveis meteorológicas, fenologia e qualidade da uva na ‘Serra Gaúcha’.** 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MANDELLI, F. et al. Fenologia da videira na serra gaucha. **Pesquisa Agropecuária Gaucha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 129-144, 2003.

MANDELLI, F. et. al. Fenologia e necessidade térmicas da videira na Serra Gaúcha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18. , 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. 1 CD-ROM.

MANDELLI, F. **Comportamento meteorológico e sua influência na vindima de 2006 na Serra Gaucha.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. p. 4. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico,67).

MARASCHIN, R. **Caracterização química de vinhos cabernet sauvignon produzidos na Serra Gaúcha: ênfase em compostos**

fenólicos. 2003. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. MMA Brasília: 2006.

MARTINS, L. **Comportamento vitícola e enológico das variedades chardonnay, pinot noir e cabernet sauvignon, na localidade Lomba Seca, em São Joaquim (SC)**.2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MASSIGNAM, A. M. et al. Probabilidade de ocorrência do total anual de horas frio ($HF \leq 7,2^{\circ}\text{C}$) em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, SP. v. 14, p. 301-308, 2006.

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 (Documento 224).

MASSIGNAM, A. M. et al. Espacialização das probabilidades do total anual de horas de frio em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 58-61, jul. 2007.

MONTEIRO, M. A. **Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MOTA, R. V. da; et al. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 56-64, set./out. 2006.

NAKICENOVIC, N. et al. **Special report on emission scenarios**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000. 2010, Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>>. Acesso em: 03 abr. 2010.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989. p. 422.

OLIVEIRA, A.S. **Interações entre Sistemas Frontais na America do Sul e Convecção na Amazônia**. INPE-4008-TDL/239. 1986.

OLIVEIRA, L. L.; VIANELO, R. L.; FERREIRA, N. J. **Meteorologia fundamental** – Erechim/RS: EdiFAPES, 2001. p. 432.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. p. 440.

ONCINS, J. O. et al. Fito-monitorização – Estratégias hídricas na vinha para um vinho de qualidade – O caso do Chardonnay. In: CONGRESSO IBÉRICO DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS. 5., 2005, Porto. **Congresso Iberoamericano de Ciências Hortícolas**. Porto, mayo, 2005.

PANDOLFO, C. et al. Sistema computacional para elaborar o Zoneamento Agrícola de Santa Catarina. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: Epagri, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. CD-ROM.

_____. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

_____. 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, nov. 2007a.

_____. 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, jul. 2007b.

_____. Mudanças climáticas e a área de produção da videira europeia (*Vitis vinifera* L.) no Estado De Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte, MG. **Anais ...** Belo Horizonte, MG: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2009. (CD-ROM)

_____. Análise de tendência dos índices agrometeorológicos da *Vitis vinifera* L. em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, 2010 (aceito para publicação).

PEDRO JÚNIOR, M. J. et al. Caracterização fenológica da videira 'Niagara Rosada' em diferentes regiões paulistas. **Bragantina**, Campinas, v. 52, n. 2. p. 153-160, 1993.

PEZZI, L. P; CAVALCANTI, I. F. A. O Jato Subtropical Sobre a América do Sul no Período de 1980 a 1989. **VIII Cong. Bras. Met / II Cong. Lat. Iber. Met.** v. 2. p. 148-151, 1994.

_____.; ROSA, M. B.; BATISTA, N.N.M. A corrente de jato subtropical sobre a América do Sul. **Climanálise Especial** - Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. cap. 19, 1996.

PIVA, E. D.; MOSCATI, M. C. de L.; GAN, M. A. Papel dos fluxos de calor latente e sensível em superfície associados a um caso de ciclogênese na costa leste da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, p. 450-476, 2008.

POLA, A.C. **Avaliação de métodos de estimativa de horas de frio para o Estado de Santa Catarina**. 1987. Dissertação (Mestrado). Piracicaba: ESALQ, 1987.

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

QUADRO, M. F. L. de. Climatologia de precipitação e temperatura. **Climanálise** – Edição Comemorativa de 10 anos. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/index1.shtml>>. Acesso em: 30 out. 2005.

QUADRO, M. F. L. et al. Climatologia de Precipitação e Temperatura. **Climanálise Especial** - Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. cap. 9, 1996.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 192-198, maio-ago. 2002.

ROSIER, J. P. Qualidade dos vinhos da Serra Catarinense – Características e tendências. IN: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE

FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 6., 2005, São Joaquim, Sc. **Resumos**. São Joaquim: Epagri, 2005. p.72-75.

ROSIER, J. P. Novas regiões: vinhos de altitude no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.137-140.

ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K.A; KLIEWER, W.M. Effects of Exogenous Factors on Phenylalanine Ammonia-Lyase Activity and Accumulation of Anthocyanins and Total Phenolics in Grape Berries. **Am. J. Enol. Vitic**, v. 37, n. 4, p. 275-280, 1986.

RUIZ, V.S.; GÓMEZ-MIGUEL, V.D. El suelo como factor determinante de la tipicidad de los vinos: Estudios y determinación de las zonas de producción en las denominaciones de origen en España. In: Tonietto, J.; Guerra, C.C. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia**. p. 91-104, 1999.

RUSSEL, G.; MARSHALL, B.; JARVIS, P.G. **Plant canopies: their growth, form, and function**. Cambridge University Press, p. 178. 1989.

SANTOS, C. E. dos et al. Características físicas, químicas e produtivas das videiras Cabernet sauvignon e Tannat na região norte do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringa, v. 29, supl., p. 623-629, 2007.

SATYAMURTY, P., NOBRE, C. A.; SILVA DIAS, P. L. Tropics – South America, Chapter in Meteorology of the Southern Hemisphere (Ed) Kauly, D. J. and Vincent, D. G. , Meteorological Monographs n. 49. **American Meteorological Society**, Boston, 119-139, 1998.

SENTELHAS, P. C. Aspectos climáticos para a viticultura tropical. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 9-14, 1998.

SILVA DIAS, M. A. F. **Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. (Mesoscale systems and short range weather forecasting.)** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 2, p. 133-150, 1987.

SILVA DIAS, P. L., SCHUBERT, W.H.; DEMARIA, M. Large scale response of the tropical atmosphere to transient convection. **J. Atmos. Sci.**, n. 40, p. 2689-2707, 1983.

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, SC. **Resumos**. São Joaquim: Epagri, 2008. p.71-80.

SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1971, p. 530.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2008 - 2009. Florianópolis: Epagri/CEPA, 2009. p. 311.
STATSOFT, Inc. **STATISTICA (data analyses software system)**, version 9.0. 2010. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>> Acesso em: 10 jan. 2010.

TAGLIARI, P. S. Potencial para produção de vinhos finos nas regiões mais altas de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 16, n. 2, p. 26-32, jul. 2003.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane R. Santarém et al. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

THOMÉ, V. M. R. et al. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico**. Florianópolis: Epagri, 1999, p.1000. CD-ROM.

TONIETTO, J. O conceito de denominação de origem como agente promotor da qualidade dos vinhos. In: Regina, M.A. et al. **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p. 151-164.

TONIETTO, J; MANDELLI, F. **Sistema de Produção**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/vinifera/clima.htm>>. Acesso em: jul. 2003.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Metereology**, n. 124, p. 81-97, 2004.

_____. Análise Mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos. A Posição da Viticultura Brasileira Comparada a 100 Regiões em 30 Países. In: **Anais IX Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia**. Bento Gonçalves - RS, p. 75-90, 1999.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980. p. 374.
UCCELINI, L.W.; JOHNSON, D.R. The coupling of upper and lower tropospheric Jet streaks and implications for the development of severe convective systems. *Mon. Wea. Ver.*, n. 107, p. 682-703, 1979.

UVIBRA – União Brasileira de Vitivinicultura. Disponível em: <<http://www.uvibra.com.br>>. Acesso em: 30 maio 2010.

VALVERDE, M.C.R.; FERREIRA, N. J., GAN, M. A. Vórtices ciclônicos desprendidos em altos níveis que originam-se no leste do Pacífico Tropical Sul. Parte II: uso de imagens de satélite. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16 a 20 de Outubro de 2000, Rio de Janeiro/RJ. **Anais**, 2000.

VAREJÃO, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília – DF: INMET, gráfica e editora Stilo, 2000. p. 515.

VAREJÃO-SILVA, M. A., Ceballos, J. C. **Meteorologia geral I**. Campina Grande: Editora Universitária, 1982, p. 74.

_____. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília, INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. p. 532.

VELASCO, I.; FRITSCH J. M. Mesoscale convective complexes in the Americas. **J. Geophys. Res.**, n. 92, p. 9591-9613, 1987.

VIANELLO, R. L., ALVES, A. R.. **Meteorologia básica e aplicações**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, Viçosa, MG, 1991.

VIEIRA, V. F. et al. Cadastro técnico dos produtores de vinhos de altitude de Santa Catarina. In: **IV Simpósio Catarinense de Vinhos Finos de Altitude**. (Apresentação) 2009. Florianópolis, SC.

WESTPHALEN, S. L. Bases ecológicas para determinação de regiões de maior aptidão vitivinícola no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE LA UVA Y DEL VINO, 1976, Montevideo. **Annales Laboratorio Tecnológico Cuaderno Técnico**, 38, Montevideo, 1977, p.89 - 101.

_____.; MALUF, 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: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 98. 1 CD-Rom.

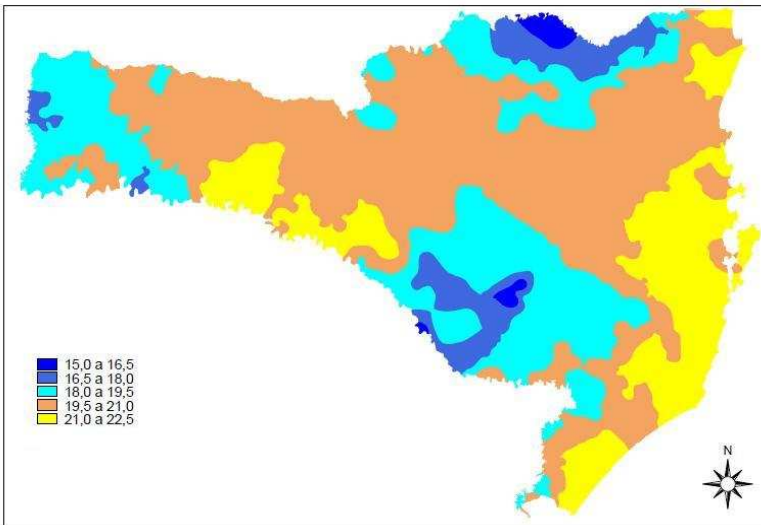
WESTWOOD, M. N. **Fruticultura de zonas templadas**. Madrid: Mundi-Prensa, 1982. p.461.

WINKLER, J. A. et al. **General Viticulture**, University of California Press, 1974, p. 158–165.

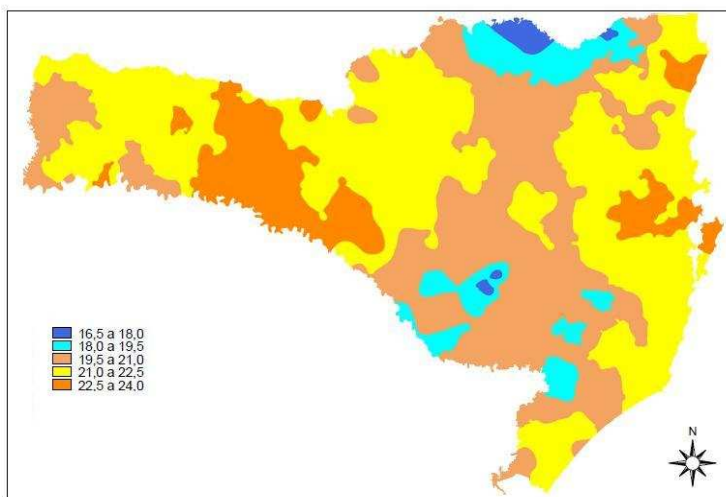
APÊNDICES

APÊNDICES CAPÍTULO IV

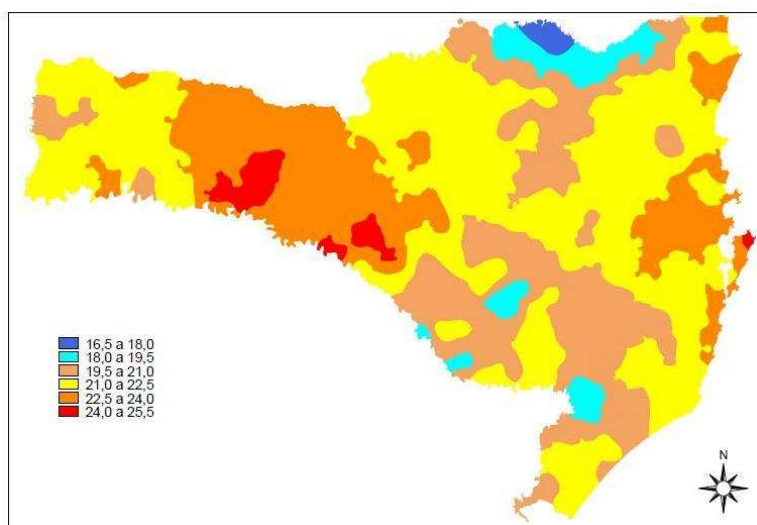
APÊNDICE 4.1 – Média das temperaturas mínimas, médias e máximas para período de fevereiro a abril, para cenários 2050 e 2070.



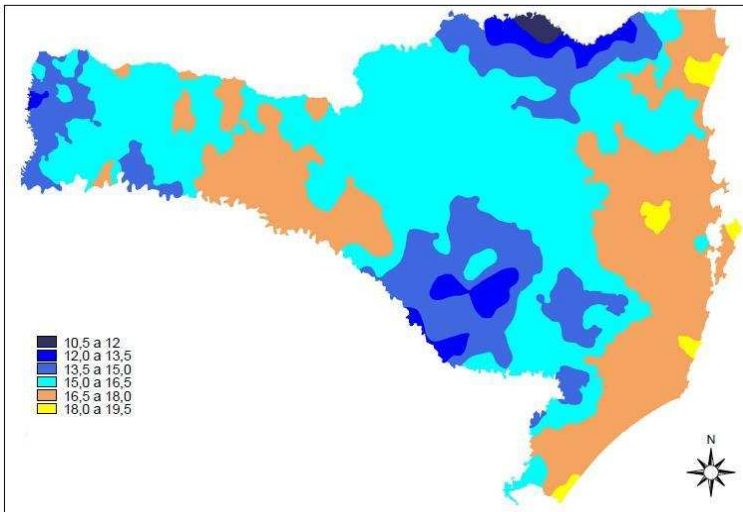
Média das temperaturas médias (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário atual.



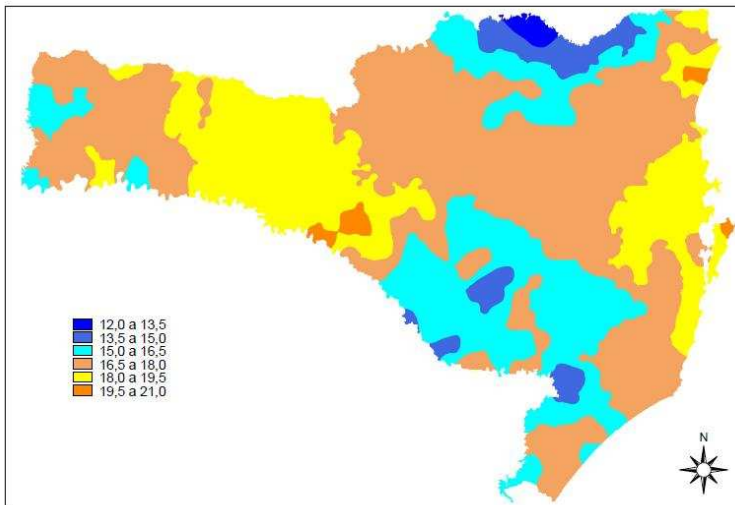
Média das temperaturas médias (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



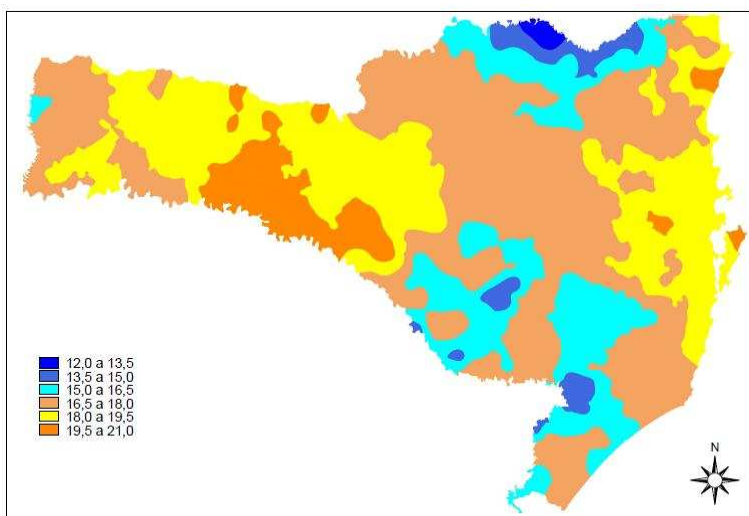
Média das de temperaturas médias (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



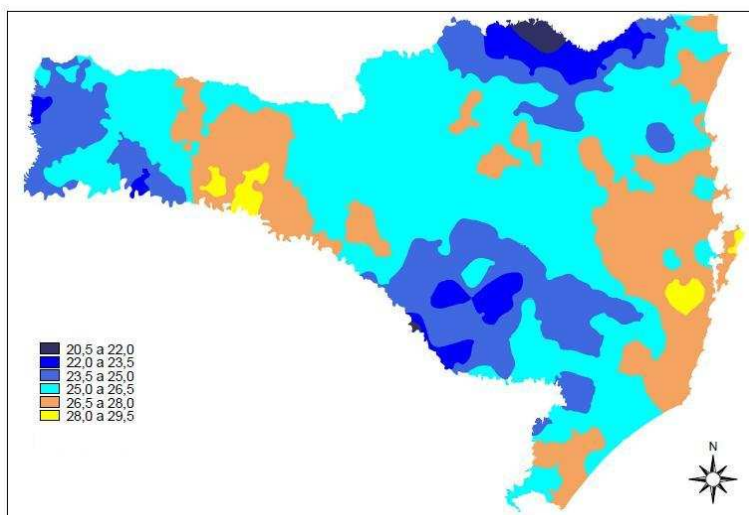
Média das temperaturas mínimas (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário atual.



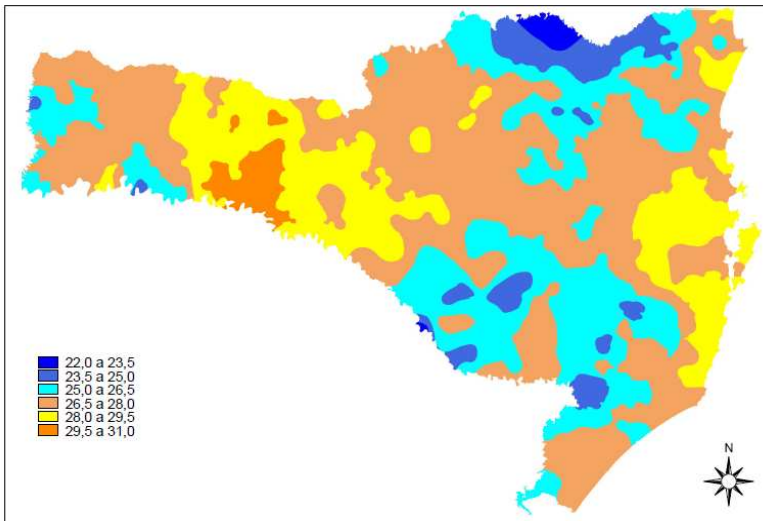
Média das temperaturas mínimas (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



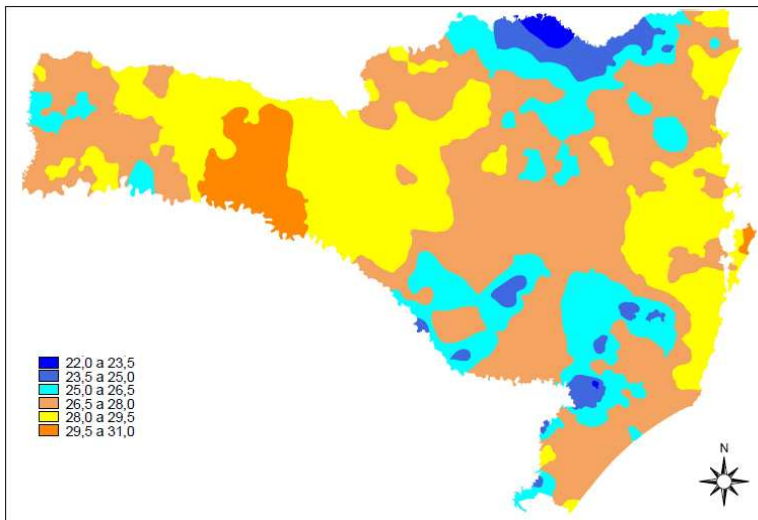
Média das temperaturas mínimas (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



Média das temperaturas máximas (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário atual.



Média das temperaturas máximas (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



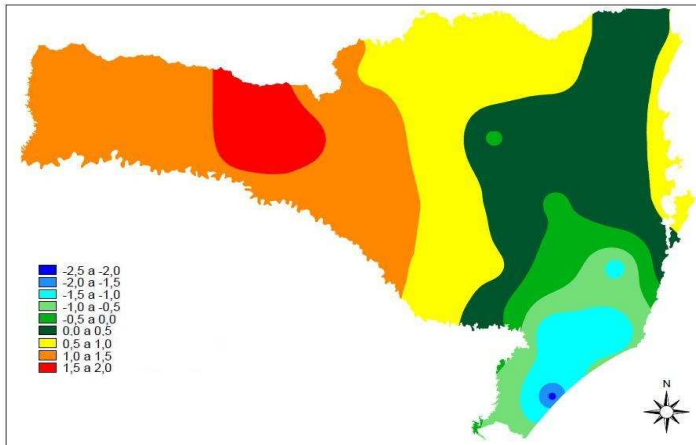
Média das temperaturas máximas (°C) dos meses de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.

APÊNDICE 4.2 – Anomalias de temperaturas mínimas, médias e máximas para fevereiro, março e abril, para cenários 2050 e 2070.

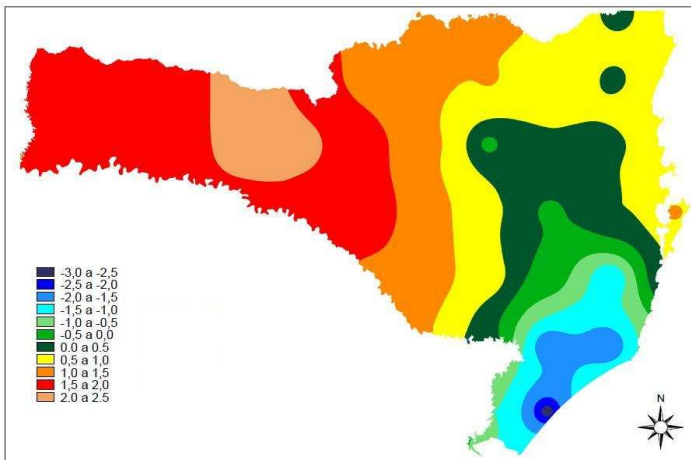
Anomalia de temperaturas (°C) para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050 e 2070. Valor máximo, valor mínimo, média e desvio-padrão.

			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Mínima	2050	vmax		2	1,8	2,6	2,6	2,4	1,3	2,1	2,9	2,1	1,5	3	1,8
		vmin		-2	-2	-1,2	-0,9	-1,2	-2,5	-1	-0,6	-1,3	-1	-0,4	2,4
		média		0,6	0,5	1,5	1,6	1,4	0,2	0,9	1,8	1	0,7	1,6	0,4
		desvio pad		0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,5	0,8	1
Mínima	2070	vmax		2,7	2,4	3,5	3,4	3,2	1,7	2,7	3,9	2,8	2	4	2,4
		vmin		-2,7	-2,6	-1,6	-1,2	-1,6	-3,3	-1,3	-0,7	-1,7	-1,4	-0,5	3,2
		média		0,8	0,7	2	2,1	1,9	0,3	1,2	2,4	1,4	1	2,2	0,5
		desvio pad		1,1	1,1	1	0,9	0,9	1,1	1	1	1	0,6	1	1,3
Média	2050	vmax		2,3	1,8	2,9	2,5	2,5	1,4	2,3	2,7	2,1	1,3	3,8	1,9
		vmin		-1,2	-1,5	-0,2	-0,4	-0,4	-1,9	-0,5	-0,3	-0,9	-1	0,7	1,6
		média		0,7	0,5	1,7	1,5	1,4	0,2	1,3	1,6	0,9	0,5	2,4	0,6
		desvio pad		0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,4	0,7	0,8
Média	2070	vmax		3	2,4	3,9	3,3	3,3	1,8	3	3,6	2,7	1,7	5	2,6
		vmin		-1,6	-1,9	-0,2	-0,5	-0,5	-2,3	-0,7	-0,4	-1,2	-1,3	0,9	2,1
		média		1	0,6	2,2	2	1,8	0,2	1,7	2,1	1,2	0,6	3,2	0,7
		desvio pad		1	0,9	1	0,8	0,9	1	0,8	0,9	0,9	0,6	1	1,1
Máxima	2050	vmax		2,5	1,7	3,2	2,4	2,6	1,5	2,6	2,7	2,1	1,1	4,5	2,1
		vmin		-1,4	-1,7	-0,4	-0,6	-0,4	-1,9	-0,2	-0,4	-0,9	-1,3	1,3	1,3
		média		0,8	0,4	1,8	1,4	1,4	0,1	1,7	1,5	0,8	0,2	3,2	0,7
		desvio pad		0,7	0,6	0,8	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,4	0,7	0,7
Máxima	2070	vmax		3,4	2,3	4,3	3,2	3,4	2	3,5	3,6	2,9	1,5	6	2,8

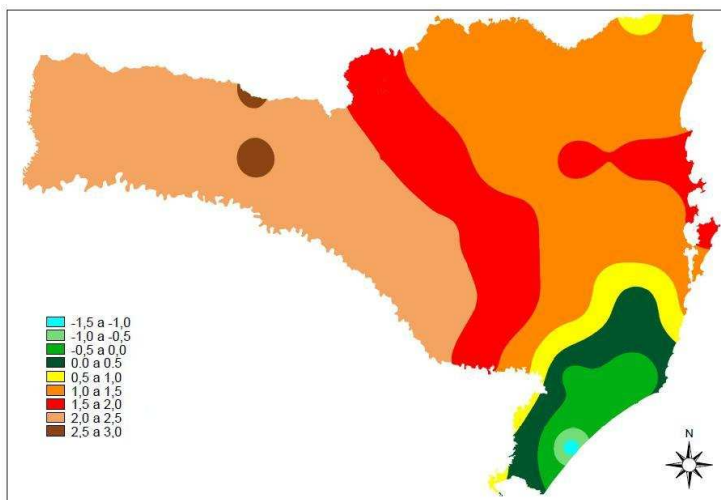
APÊNDICE 4.3 Anomalias de temperaturas mínimas, médias e máximas para os meses de fevereiro, março e abril, para os cenários 2050 e 2070.



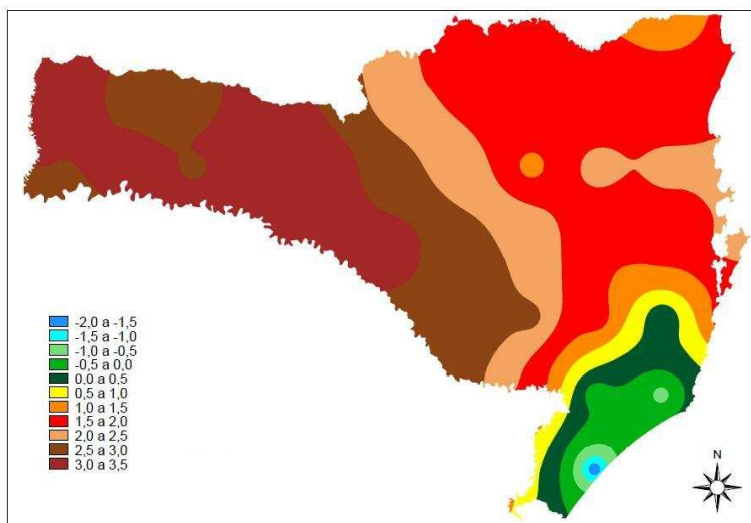
Anomalia de temperatura mínima (°C) do mês de fevereiro para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



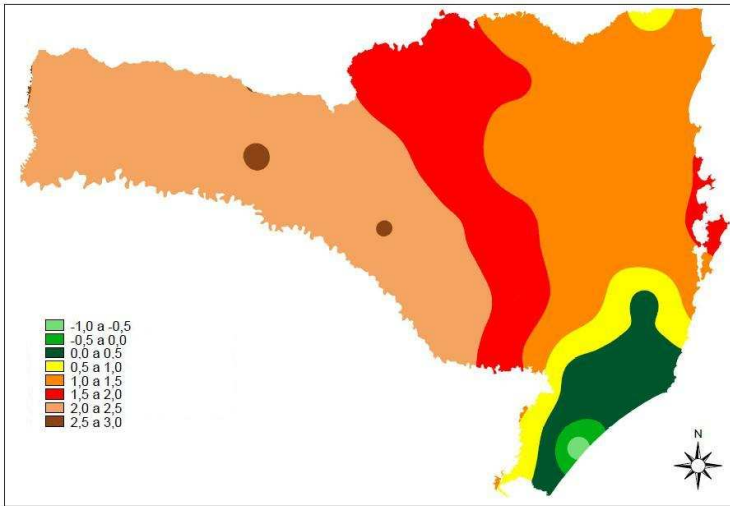
Anomalia de temperatura mínima (°C) do mês de fevereiro para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



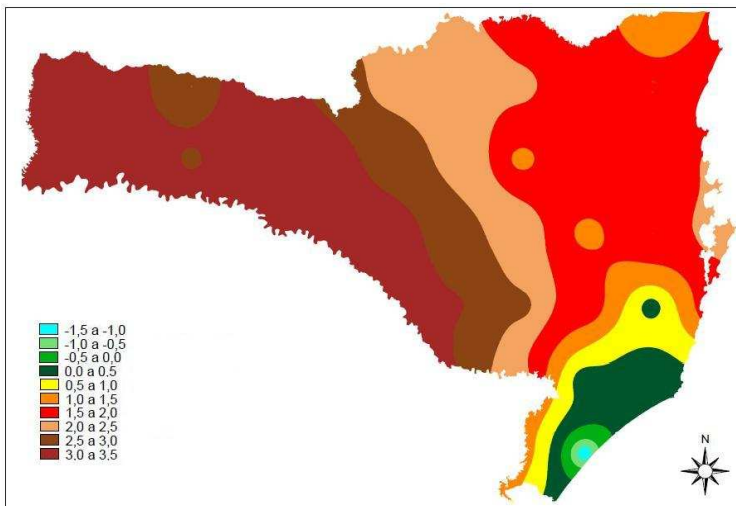
Anomalia de temperatura mínima (°C) do mês de março para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



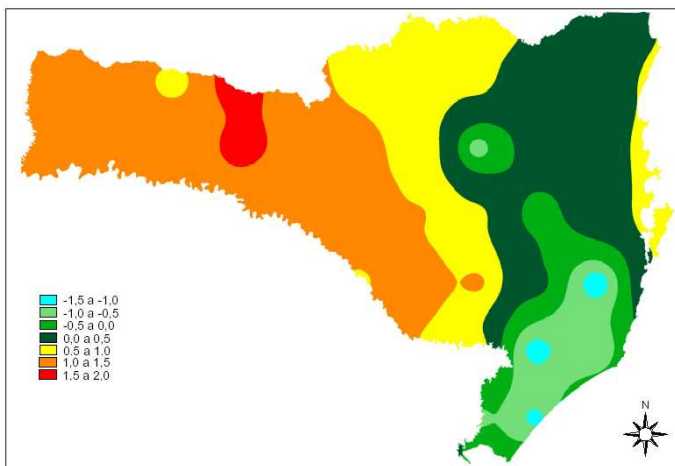
Anomalia de temperatura mínima (°C) do mês de março para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



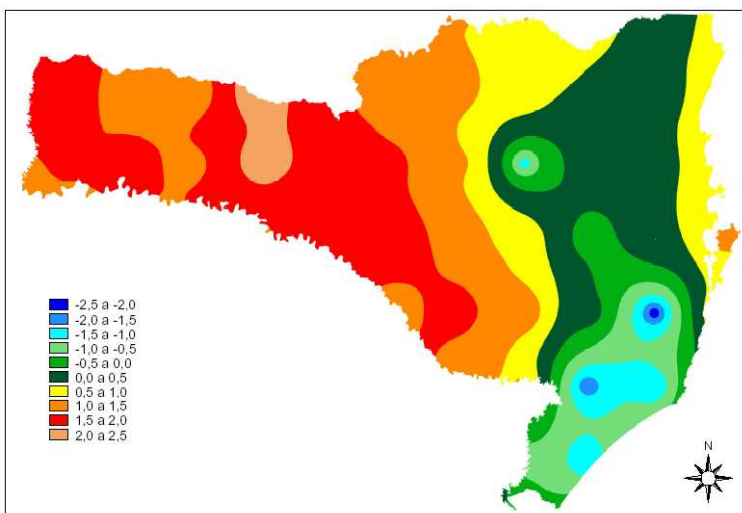
Anomalia de temperatura mínima (°C) do mês de abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



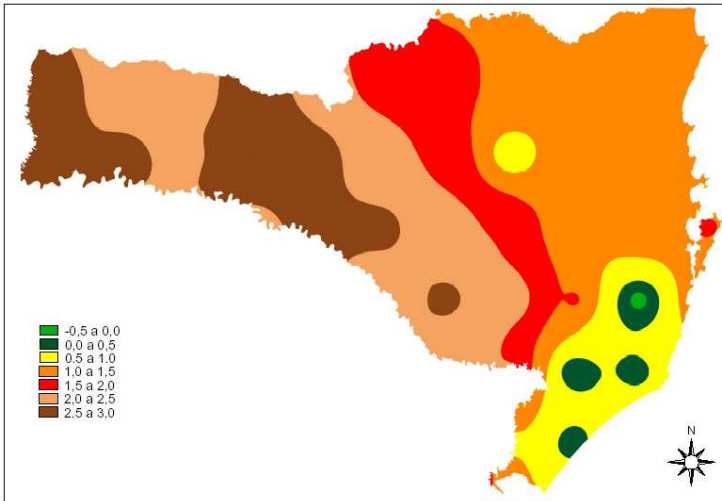
Anomalia de temperatura mínima (°C) do mês de abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



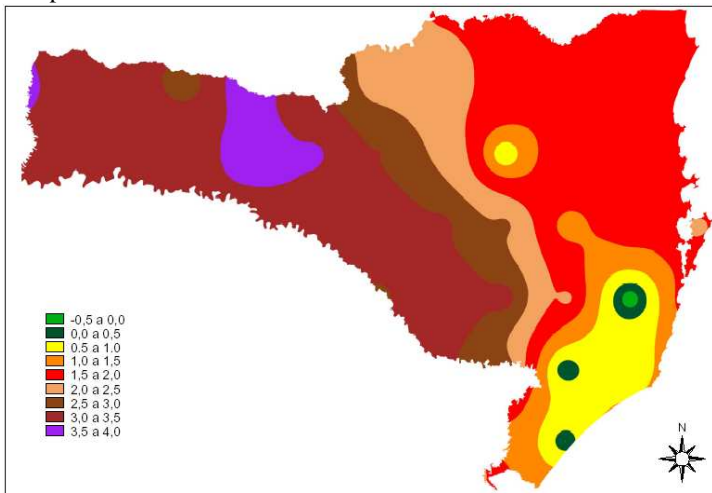
Anomalia de temperatura média (°C) do mês de fevereiro para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



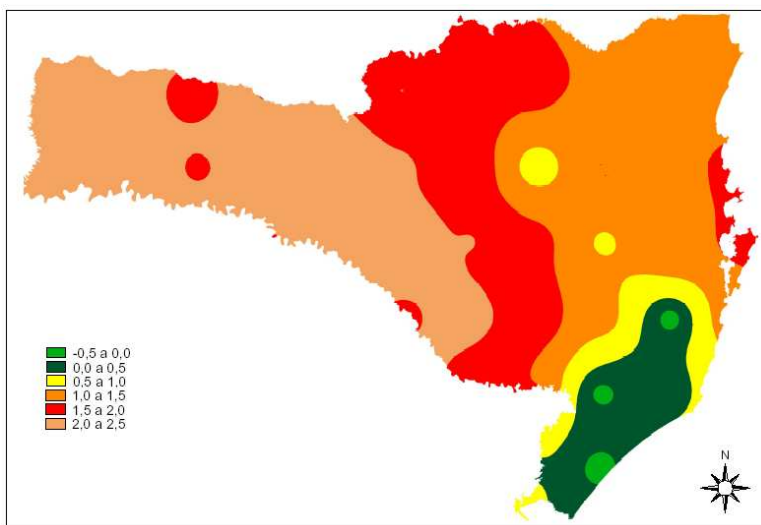
Anomalia de temperatura média (°C) do mês de fevereiro para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



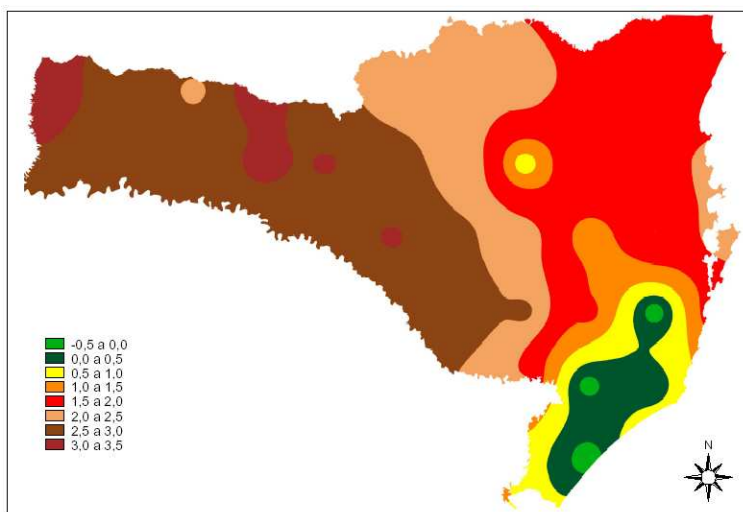
Anomalia de temperatura média (°C) do mês de março para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



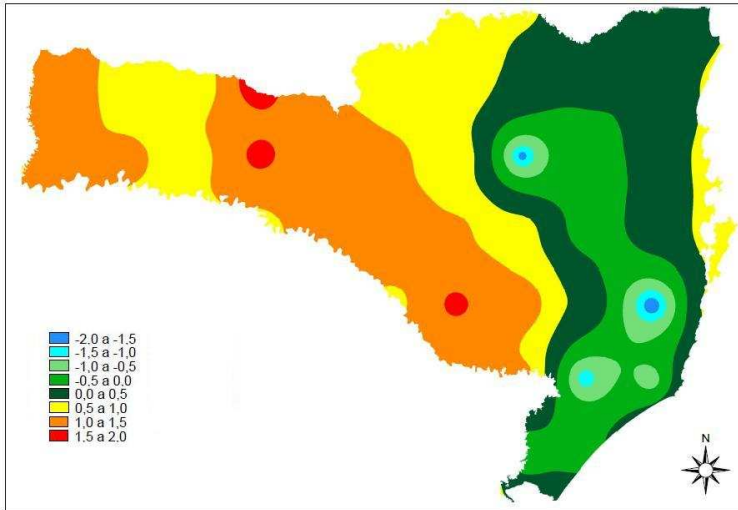
Anomalia de temperatura média (°C) do mês de março para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



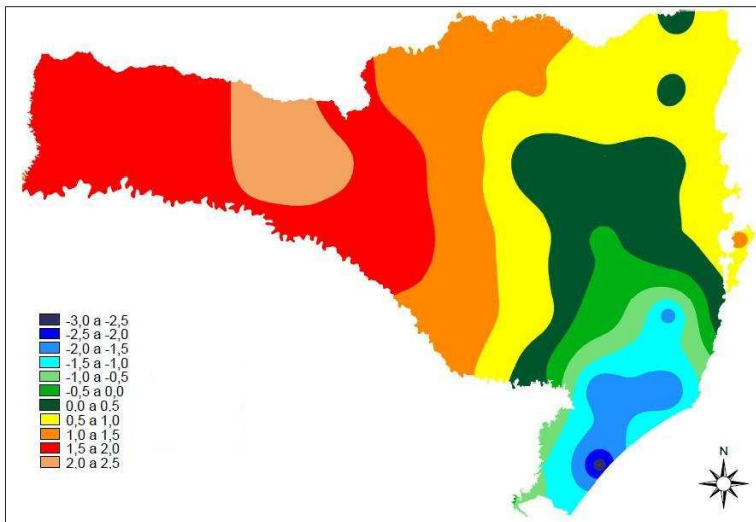
Anomalia de temperatura média (°C) do mês de abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



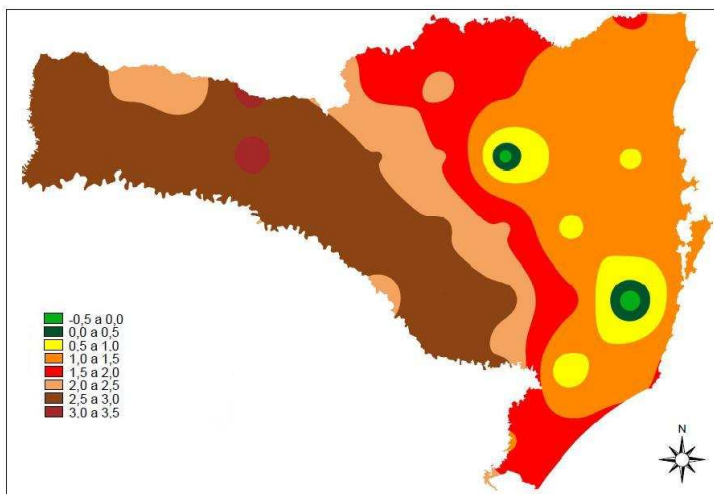
Anomalia de temperatura média (°C) do mês de abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



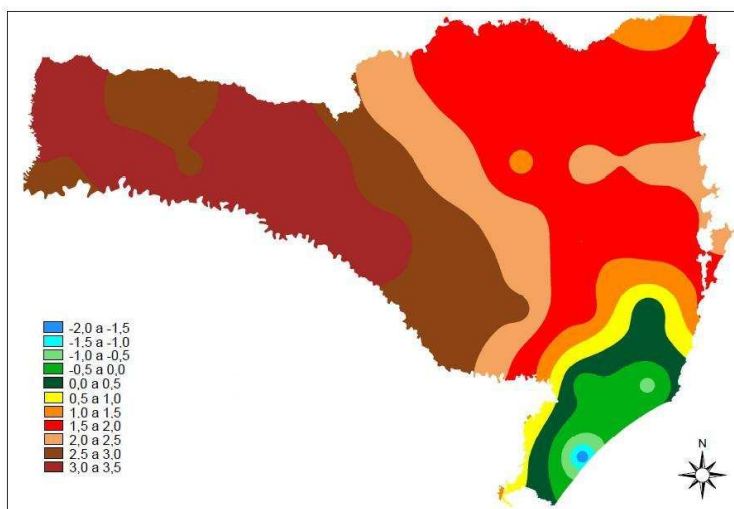
Anomalia de temperatura máxima (°C) do mês de fevereiro para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



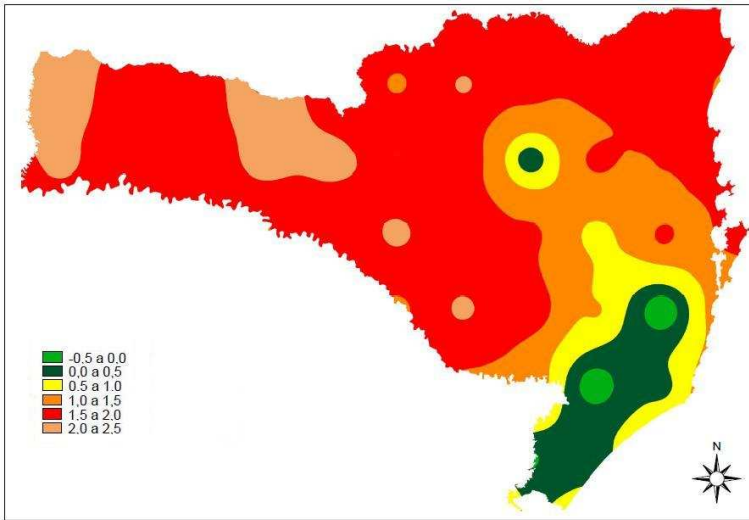
Anomalia de temperatura máxima (°C) do mês de fevereiro para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.



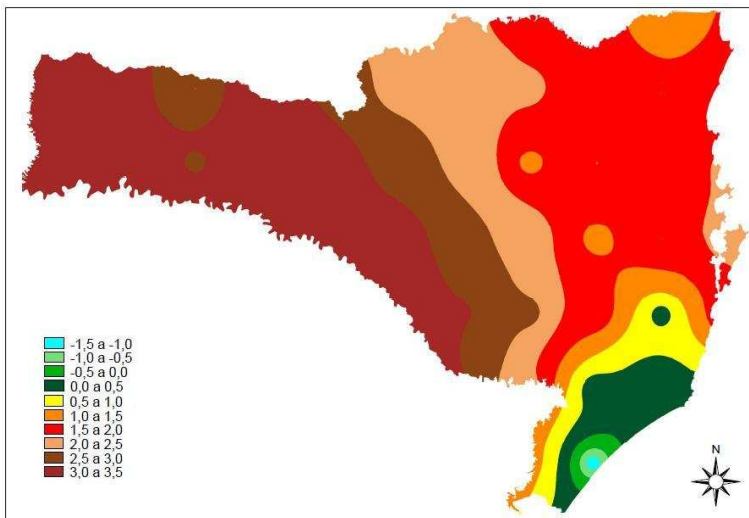
Anomalia de temperatura máxima (°C) do mês de março para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



Anomalia de temperatura máxima (°C) do mês de março para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.

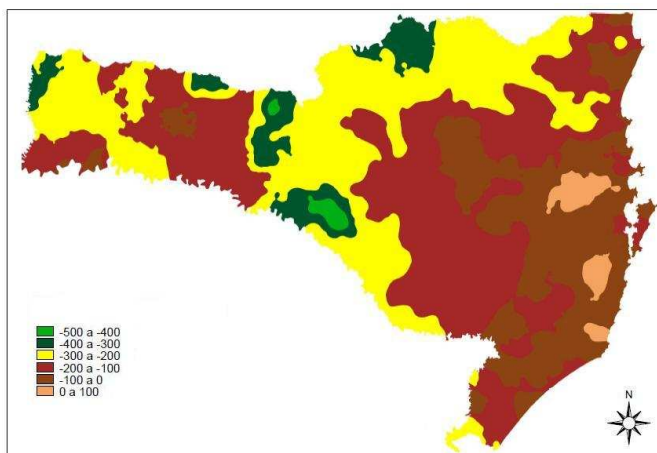


Anomalia de temperatura máxima (°C) do mês de abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.

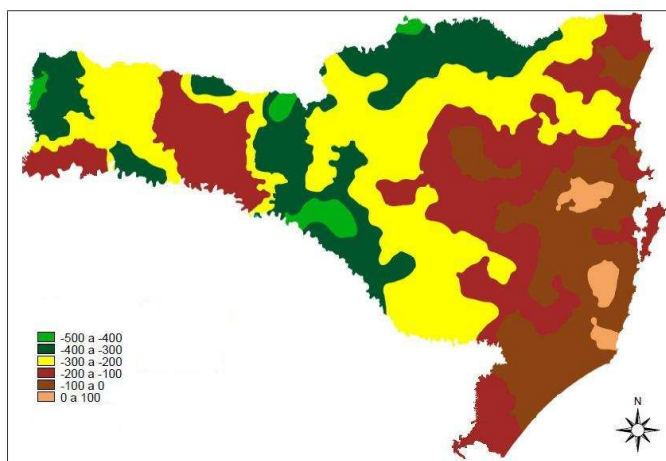


Anomalia de temperatura máxima (°C) do mês de abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.

APÊNDICE 4.4 Anomalias de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para os cenários 2050 e 2070.

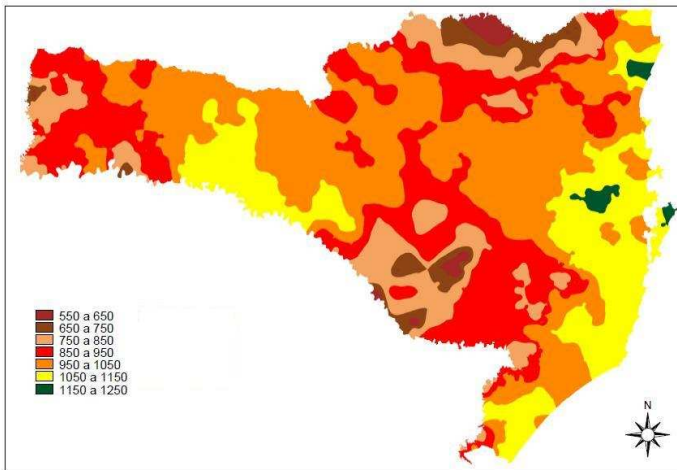


Anomalias de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário atual e cenário 2050.

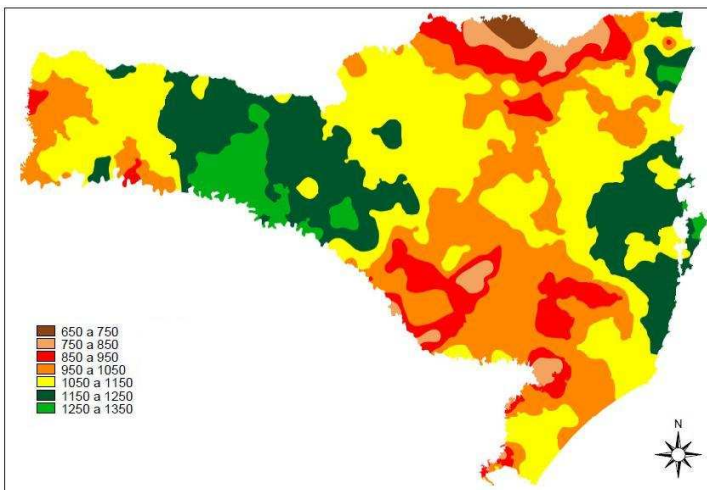


Anomalias de horas de frio abaixo de 7,2 °C (abril a setembro) para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070. Anomalia foi calculada pela diferença entre cenário atual e cenário 2070.

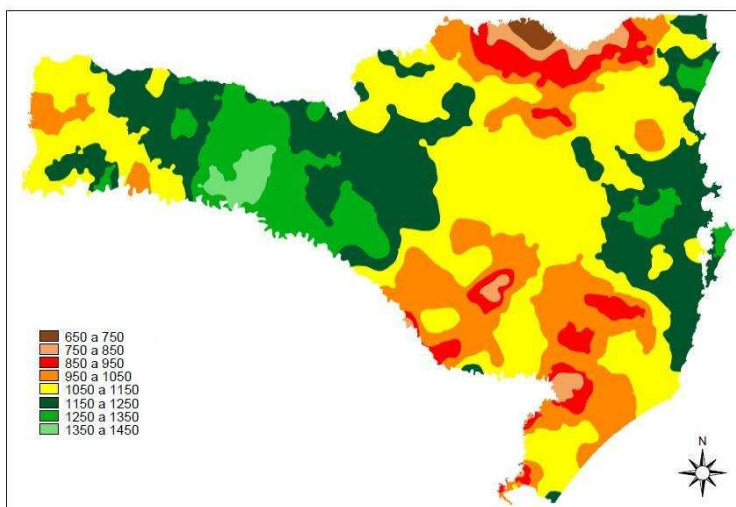
APÊNDICE 4.5 Graus-dias acumulados no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário atual, 2050 e 2070.



Graus-dia acumulados no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário atual.



Graus-dia acumulados no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2050.



Graus-dia acumulado no período de fevereiro a abril para o Estado de Santa Catarina para o cenário 2070.

APÊNDICES CAPÍTULO V

APÊNDICE 5.1 – Municípios recomendados para plantio da *Vitis vinifera L.* no Estado de Santa Catarina, cenário atual.

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
ABDON BATISTA	TOLERADO	CNR	CNR
ABELARDO LUZ	CNR	CNR	CNR
AGROLANDIA	RECOMENDADO	CNR	CNR
AGRONOMICA	CNR	CNR	CNR
ÁGUA DOCE	TOLERADO	CNR	CNR
AGUAS DE CHAPECO	CNR	CNR	CNR
AGUAS FRIAS	CNR	CNR	CNR
AGUAS MORNAS	CNR	CNR	CNR
ALFREDO WAGNER	RECOMENDADO	CNR	CNR
ALTO BELA VISTA	CNR	CNR	CNR
ANCHIETA	CNR	CNR	CNR
ANGELINA	TOLERADO	CNR	CNR
ANITA GARIBALDI	RECOMENDADO	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
ANITAPOLIS	RECOMENDADO	CNR	CNR
ANTONIO CARLOS	CNR	CNR	CNR
APIUNA	CNR	CNR	CNR
ARABUTA	CNR	CNR	CNR
ARAQUARI	CNR	CNR	CNR
ARARANGUA	CNR	CNR	CNR
ARMAZEM	CNR	CNR	CNR
ARROIO TRINTA	CNR	CNR	CNR
ARVOREDO	CNR	CNR	CNR
ASCURRA	CNR	CNR	CNR
ATALANTA	TOLERADO	CNR	CNR
AURORA	CNR	CNR	CNR
BALNEARIO ARROIO DO SILVA	CNR	CNR	CNR
BALNEARIO BARRA DO SUL	CNR	CNR	CNR
BALNEARIO CAMBORIU	CNR	CNR	CNR
BALNEARIO GAIVOTA	CNR	CNR	CNR
BANDEIRANTE	CNR	CNR	CNR
BARRA BONITA	CNR	CNR	CNR
BARRA VELHA	CNR	CNR	CNR
BELA VISTA DO TOLDO	CNR	CNR	CNR
BELMONTE	CNR	CNR	CNR
BENEDITO NOVO	CNR	CNR	CNR
BIGUACU	CNR	CNR	CNR
BLUMENAU	CNR	CNR	CNR
BOCAINA DO SUL	RECOMENDADO	TOLERADO	CNR
BOM JARDIM DA SERRA	CNR	RECOMENDADO	RECOMENDADO
BOM JESUS	CNR	CNR	CNR
BOM JESUS DO OESTE	CNR	CNR	CNR
BOM RETIRO	RECOMENDADO	CNR	CNR
BOMBINHAS	CNR	CNR	CNR
BOTUVERA	CNR	CNR	CNR
BRACO DO	CNR	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
NORTE			
BRACO DO TROMBUDO	TOLERADO	CNR	CNR
BRUNOPOLIS	TOLERADO	CNR	CNR
BRUSQUE	CNR	CNR	CNR
CACADOR	TOLERADO	CNR	CNR
CAIBI	CNR	CNR	CNR
CALMON	TOLERADO	CNR	CNR
CAMBORIU	CNR	CNR	CNR
CAMPO ALEGRE	CNR	CNR	CNR
CAMPO BELO DO SUL	RECOMENDADO	CNR	CNR
CAMPO ERE	CNR	CNR	CNR
CAMPOS NOVOS	TOLERADO	CNR	CNR
CANELINHA	CNR	CNR	CNR
CANOINHAS	CNR	CNR	CNR
CAPAO ALTO	RECOMENDADO	CNR	CNR
CAPINZAL	CNR	CNR	CNR
CAPIVARI DE BAIXO	CNR	CNR	CNR
CATANDUVAS	TOLERADO	CNR	CNR
CAXAMBU DO SUL	CNR	CNR	CNR
CELSO RAMOS	CNR	CNR	CNR
CERRO NEGRO	RECOMENDADO	CNR	CNR
CHAPADAO DO LAGEADO	TOLERADO	CNR	CNR
CHAPECO	CNR	CNR	CNR
COCAL DO SUL	CNR	CNR	CNR
CONCORDIA	CNR	CNR	CNR
CORDILHEIRA ALTA	CNR	CNR	CNR
CORONEL FREITAS	CNR	CNR	CNR
CORONEL MARTINS	CNR	CNR	CNR
CORREIA PINTO	RECOMENDADO	CNR	CNR
CORUPA	CNR	CNR	CNR
CRICIUMA	CNR	CNR	CNR
CUNHA PORÁ	CNR	CNR	CNR
CUNHATAI	CNR	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
CURITIBANOS	TOLERADO	CNR	CNR
DESCANSO	CNR	CNR	CNR
DIONISIO CERQUEIRA	CNR	CNR	CNR
DONA EMMA	CNR	CNR	CNR
DOUTOR PEDRINHO	CNR	CNR	CNR
ENTRE RIOS	CNR	CNR	CNR
ERMO	CNR	CNR	CNR
ERVAL VELHO	TOLERADO	CNR	CNR
FAXINAL DOS GUEDES	CNR	CNR	CNR
FLOR DO SERTAO	CNR	CNR	CNR
FLORIANOPOLIS	CNR	CNR	CNR
FORMOSA DO SUL	CNR	CNR	CNR
FORQUILHINHA	CNR	CNR	CNR
FRAIBURGO	TOLERADO	CNR	CNR
FREI ROGERIO	TOLERADO	CNR	CNR
GALVAO	CNR	CNR	CNR
GAROPABA	CNR	CNR	CNR
GARUVA	CNR	CNR	CNR
GASPAR	CNR	CNR	CNR
GOVERNADOR CELSO RAMOS	CNR	CNR	CNR
GRAO PARA	TOLERADO	CNR	CNR
GRAVATAL	CNR	CNR	CNR
GUABIRUBA	CNR	CNR	CNR
GUARACIABA	CNR	CNR	CNR
GUARAMIRIM	CNR	CNR	CNR
GUARUJA DO SUL	CNR	CNR	CNR
GUATAMBU	CNR	CNR	CNR
HERVAL DO OESTE	CNR	CNR	CNR
IBIAM	RECOMENDADO	CNR	CNR
IBICARE	CNR	CNR	CNR
IBIRAMA	CNR	CNR	CNR
ICARA	CNR	CNR	CNR
ILHOTA	CNR	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
IMARUI	CNR	CNR	CNR
IMBITUBA	CNR	CNR	CNR
IMBUIA	RECOMENDADO	CNR	CNR
INDAIAL	CNR	CNR	CNR
IOMERE	CNR	CNR	CNR
IPIRA	CNR	CNR	CNR
IPORA DO OESTE	CNR	CNR	CNR
IPUACU	CNR	CNR	CNR
IPUMIRIM	TOLERADO	CNR	CNR
IRACEMINHA	CNR	CNR	CNR
IRANI	TOLERADO	CNR	CNR
IRATI	CNR	CNR	CNR
IRINEOPOLIS	CNR	CNR	CNR
ITA	CNR	CNR	CNR
ITAIOPOLIS	CNR	CNR	CNR
ITAJAI	CNR	CNR	CNR
ITAPEMA	CNR	CNR	CNR
ITAPIRANGA	CNR	CNR	CNR
ITAPOA	CNR	CNR	CNR
ITUPORANGA	CNR	CNR	CNR
JABORA	TOLERADO	CNR	CNR
JACINTO MACHADO	RECOMENDADO	CNR	CNR
JAGUARUNA	CNR	CNR	CNR
JARAGUA DO SUL	CNR	CNR	CNR
JARDINOPOLIS	CNR	CNR	CNR
JOACABA	TOLERADO	CNR	CNR
JOINVILLE	CNR	CNR	CNR
JOSE BOITEUX	CNR	CNR	CNR
JUPIA	CNR	CNR	CNR
LACERDOPOLIS	CNR	CNR	CNR
LAGES	RECOMENDADO	TOLERADO	CNR
LAGUNA	CNR	CNR	CNR
LAJEADO GRANDE	CNR	CNR	CNR
LAURENTINO	CNR	CNR	CNR
LAURO MULLER	TOLERADO	CNR	CNR
LEBON REGIS	RECOMENDADO	CNR	CNR
LEOBERTO LEAL	TOLERADO	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
LINDOIA DO SUL	CNR	CNR	CNR
LONTRAS	CNR	CNR	CNR
LUIZ ALVES	CNR	CNR	CNR
LUZERNA	CNR	CNR	CNR
MACIEIRA	RECOMENDADO	CNR	CNR
MAFRA	CNR	CNR	CNR
MAJOR GERCINO	CNR	CNR	CNR
MAJOR VIEIRA	CNR	CNR	CNR
MARACAJA	CNR	CNR	CNR
MARAVILHA	CNR	CNR	CNR
MAREMA	CNR	CNR	CNR
MASSARANDUB A	CNR	CNR	CNR
MATOS COSTA	TOLERADO	CNR	CNR
MELEIRO	CNR	CNR	CNR
MIRIM DOCE	TOLERADO	CNR	CNR
MODELO	CNR	CNR	CNR
MONDAI	CNR	CNR	CNR
MONTE CARLO	TOLERADO	CNR	CNR
MONTE CASTELO	TOLERADO	CNR	CNR
MORRO DA FUMACA	CNR	CNR	CNR
MORRO GRANDE	RECOMENDADO	CNR	CNR
NAVEGANTES	CNR	CNR	CNR
NOVA ERECHIM	CNR	CNR	CNR
NOVA ITABERABA	CNR	CNR	CNR
NOVA TRENTO	CNR	CNR	CNR
NOVA VENEZA	TOLERADO	CNR	CNR
NOVO HORIZONTE	CNR	CNR	CNR
ORLEANS	TOLERADO	CNR	CNR
OTACILIO COSTA	RECOMENDADO	TOLERADO	CNR
OURO	CNR	CNR	CNR
OURO VERDE	CNR	CNR	CNR
PAIAL	CNR	CNR	CNR
PAINEL	RECOMENDADO	RECOMENDADO	TOLERADO
PALHOCA	CNR	CNR	CNR
PALMA SOLA	CNR	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
PALMEIRA	TOLERADO	CNR	CNR
PALMITOS	CNR	CNR	CNR
PAPANDUVA	CNR	CNR	CNR
PARAISO	CNR	CNR	CNR
PASSO DE TORRES	CNR	CNR	CNR
PASSOS MAIA	TOLERADO	TOLERADO	CNR
PAULO LOPES	CNR	CNR	CNR
PEDRAS GRANDES	TOLERADO	CNR	CNR
PENHA	CNR	CNR	CNR
PERITIBA	CNR	CNR	CNR
PETROLANDIA	RECOMENDADO	CNR	CNR
PICARRAS	CNR	CNR	CNR
PINHALZINHO	CNR	CNR	CNR
PINHEIRO PRETO	CNR	CNR	CNR
PIRATUBA	CNR	CNR	CNR
PLANALTO ALEGRE	CNR	CNR	CNR
POMERODE	CNR	CNR	CNR
PONTE ALTA	TOLERADO	CNR	CNR
PONTE ALTA DO NORTE	TOLERADO	CNR	CNR
PONTE SERRADA	TOLERADO	TOLERADO	CNR
PORTO BELO	CNR	CNR	CNR
PORTO UNIAO	CNR	CNR	CNR
POUSO REDONDO	CNR	CNR	CNR
PRAIA GRANDE	CNR	CNR	CNR
PRESIDENTE CASTELO BRANCO	TOLERADO	CNR	CNR
PRESIDENTE GETULIO	CNR	CNR	CNR
PRESIDENTE NEREU	CNR	CNR	CNR
PRINCESA	CNR	CNR	CNR
QUILOMBO	CNR	CNR	CNR
RANCHO QUEIMADO	RECOMENDADO	CNR	CNR
RIO DAS ANTAS	TOLERADO	CNR	CNR
RIO DO CAMPO	CNR	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
RIO DO OESTE	CNR	CNR	CNR
RIO DO SUL	CNR	CNR	CNR
RIO DOS CEDROS	CNR	CNR	CNR
RIO FORTUNA	TOLERADO	CNR	CNR
RIO NEGRINHO	CNR	CNR	CNR
RIO RUFINO	RECOMENDADO	RECOMENDADO	TOLERADO
RIQUEZA	CNR	CNR	CNR
RODEIO	CNR	CNR	CNR
ROMELANDIA	CNR	CNR	CNR
SALETE	CNR	CNR	CNR
SALTINHO	CNR	CNR	CNR
SALTO VELOSO	TOLERADO	CNR	CNR
SANGAO	CNR	CNR	CNR
SANTA CECILIA	RECOMENDADO	CNR	CNR
SANTA HELENA	CNR	CNR	CNR
SANTA ROSA DE LIMA	TOLERADO	CNR	CNR
SANTA ROSA DO SUL	CNR	CNR	CNR
SANTA TEREZINHA	CNR	CNR	CNR
SANTA TEREZINHA DO PROGRESSO	CNR	CNR	CNR
SANTIAGO DO SUL	CNR	CNR	CNR
SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	CNR	CNR	CNR
SAO BENTO DO SUL	CNR	CNR	CNR
SAO BERNARDINO	CNR	CNR	CNR
SAO BONIFACIO	RECOMENDADO	CNR	CNR
SAO CARLOS	CNR	CNR	CNR
SAO CRISTOVAO DO SUL	RECOMENDADO	CNR	CNR
SAO DOMINGOS	CNR	CNR	CNR
SAO FRANCISCO DO SUL	CNR	CNR	CNR
SAO JOAO BATISTA	CNR	CNR	CNR
SAO JOAO DO ITAPERIU	CNR	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
SAO JOAO DO OESTE	CNR	CNR	CNR
SAO JOAO DO SUL	CNR	CNR	CNR
SAO JOAQUIM	RECOMENDADO	RECOMENDADO	RECOMENDADO
SAO JOSE	CNR	CNR	CNR
SAO JOSE DO CEDRO	CNR	CNR	CNR
SAO JOSE DO CERRITO	RECOMENDADO	CNR	CNR
SAO LOURENCO DO OESTE	CNR	CNR	CNR
SAO LUDGERO	CNR	CNR	CNR
SAO MARTINHO	TOLERADO	CNR	CNR
SAO MIGUEL DA BOA VISTA	CNR	CNR	CNR
SAO MIGUEL DO OESTE	CNR	CNR	CNR
SAO PEDRO DE ALCANTARA	CNR	CNR	CNR
SAUDADES	CNR	CNR	CNR
SCHROEDER	CNR	CNR	CNR
SEARA	CNR	CNR	CNR
SERRA ALTA	CNR	CNR	CNR
SIDEROPOLIS	TOLERADO	CNR	CNR
SOMBRIO	CNR	CNR	CNR
SUL BRASIL	CNR	CNR	CNR
TAIO	CNR	CNR	CNR
TANGARA	RECOMENDADO	CNR	CNR
TIGRINHOS	CNR	CNR	CNR
TIJUCAS	CNR	CNR	CNR
TIMBE DO SUL	RECOMENDADO	CNR	CNR
TIMBO	CNR	CNR	CNR
TIMBO GRANDE	TOLERADO	CNR	CNR
TRES BARRAS	CNR	CNR	CNR
TREVISO	RECOMENDADO	CNR	CNR
TREZE DE MAIO	CNR	CNR	CNR
TREZE TILIAS	TOLERADO	CNR	CNR
TROMBU DO CENTRAL	CNR	CNR	CNR
TUBARAO	CNR	CNR	CNR
TUNAPOLIS	CNR	CNR	CNR

Município	Cenário		
	6090	2050	2070
TURVO	TOLERADO	CNR	CNR
UNIAO DO OESTE	CNR	CNR	CNR
URUBICI	CNR	RECOMENDADO	RECOMENDADO
URUPEMA	RECOMENDADO	RECOMENDADO	RECOMENDADO
URUSSANGA	TOLERADO	CNR	CNR
VARGEAO	CNR	CNR	CNR
VARGEM	TOLERADO	CNR	CNR
VARGEM BONITA	RECOMENDADO	CNR	CNR
VIDAL RAMOS	TOLERADO	CNR	CNR
VIDEIRA	TOLERADO	CNR	CNR
VITOR MEIRELES	CNR	CNR	CNR
WITMARSUM	CNR	CNR	CNR
XANXERE	CNR	CNR	CNR
XAVANTINA	CNR	CNR	CNR
XAXIM	CNR	CNR	CNR
ZORTEA	CNR	CNR	CNR