

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**MODELAGEM APLICADA À FENOLOGIA DE MACIEIRAS 'ROYAL GALA' E
'FUJI SUPREMA' EM FUNÇÃO DO CLIMA, NA REGIÃO DE VACARIA, RS**

Loana Silveira Cardoso
Engenheira Agrônoma, Mestre em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos
requisitos à obtenção do Grau de
Doutor em Fitotecnia
Ênfase em Agrometeorologia

Porto Alegre, RS, BRASIL
Julho de 2011

LOANA SILVEIRA CARDOSO
Engenheira Agrônoma - UFRGS
Mestre em Fitotecnia - UFRGS

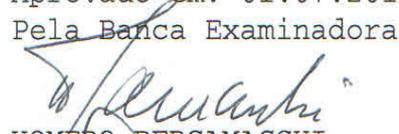
TESE

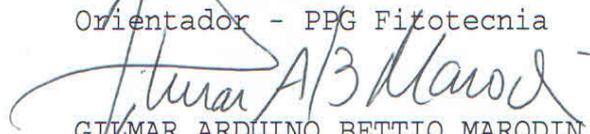
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOCTOR EM FITOTECNIA

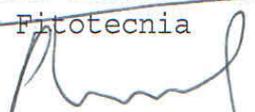
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

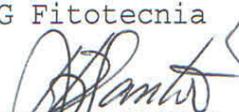
Aprovado em: 01.07.2011
Pela Banca Examinadora

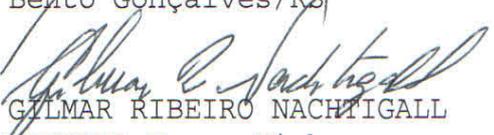

HOMERO BERGAMASCHI
Orientador - PPG Fitotecnia


GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Coorientador - PPG Fitotecnia

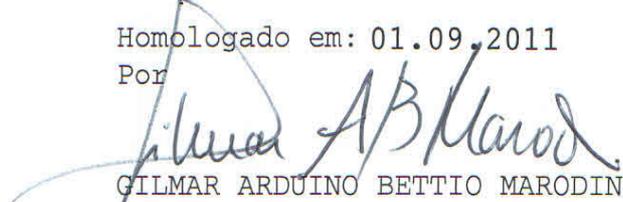

MOACIR ANTONIO BERLATO
PPG Fitotecnia


PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
PPG Fitotecnia


HENRIQUE PESSOA DOS SANTOS
EMBRAPA Uva e Vinho -
Bento Gonçalves/RS


GILMAR RIBEIRO NACHTIGALL
EMBRAPA Uva e Vinho
Bento Gonçalves/RS

Homologado em: 01.09.2011
Por


GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia


PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade
de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus pela dádiva da vida, dos que amo, familiares, amigos, colegas, pela vida em si...

Aos meus pais, Maria Lucia e João Luis (*in memorian*) que sempre me apóiam, incentivam e acreditam que o estudo é a luz do conhecimento e da sabedoria...

Ao meu irmão Jacques e a minha amada irmã Ananda que junto com meu cunhado Rafael me deram o sobrinho mais lindo e fofo, amado Gabriel.

Ao Márcio, meu amor, parceiro de todas as horas, da prancheta as formatações...das saídas de campo as madrugadas de trabalho...por todo tempo, amor e dedicação, meu imenso agradecimento...

Ao professor Homero Bergamaschi, mais que um orientador, um verdadeiro mestre, que ensina, orienta, aconselha, escuta, acolhe...

Ao professor Gilmar A. B. Marodin, meu co-orientador, grande mestre, por seus ensinamentos, atenção, companheirismo e amizade, muito abrigada...

Às minhas colegas, parceiras de trabalho, experimento, e acima de tudo amigas, Leosane Cristina Bosco e Viviane Aires de Paula, por tudo que passamos juntas nesse curso de doutorado, milhões de palavras não são capazes de dizer quanto trabalhamos, divertimos, estressamos, mas principalmente aprendemos umas com as outras, por tudo, obrigada, obrigada, obrigada....

À minha amiga 'secreta' Eliana Klering, obrigada pela amizade, parceria, divisão de sala, conselhos, viagens, maravilhosa família e tudo mais...

Às amigas e colegas Ana Paula Cordeiro e Amanda Junges, pela amizade, conversas, agradável convivência, obrigada... Aos colegas Astor, Eliseu e Marcondes pelo agradável convívio.

Aos professores Moacir Berlato e Denise Fontana pela agradável convivência e seus valiosos ensinamentos, extensivo ao professor Ricardo.

Aos 'meus' bolsistas, Francisco Marodin, Morgana Delazeri, Bruno Casamali, Pedro Brauner, Fabrício Dalsin, Diane Alba, Vanessa dos Santos, por seu auxílio na realização de diversas tarefas e agradável convívio, e demais bolsistas do departamento, Marta e Danielle.

A Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura Temperada, Vacaria, em especial ao Dr. Gilmar Ribeiro Nachtigall, pela disponibilização dos dados meteorológicos que possibilitaram a realização dessa tese, pela possibilidade de aprendizado e por sua colaboração na comissão orientadora.

Ao Dr. Francisco Mandelli e Dr^a Rosa Valdebenito Sanhueza, primeiros idealizadores deste trabalho por sua colaboração e contribuições.

A empresa Schio Agropecuária Ltda, pela oportunidade de vivenciar o dia-dia da produção comercial de macieiras, em especial aos agrônomos Jacques, Andre, e Sr Luiz. As empresas Schio Agropecuária Ltda e Rubifrut Ltda pela disponibilização dos dados de fenologia que permitiram a realização desta tese.

Ao PPG Fitotecnia da Faculdade de Agronomia/UFRGS pela oportunidade do doutorado e ao CNPq pelo auxílio financeiro para realização deste.

'Quanto mais se aprende, menos se sabe...'

MODELAGEM APLICADA À FENOLOGIA DE MACIEIRAS 'ROYAL GALA' E 'FUJI SUPREMA' EM FUNÇÃO DO CLIMA, NA REGIÃO DE VACARIA, RS¹

Autor: Loana Silveira Cardoso
Orientador: Dr. Homero Bergamaschi
Co-orientador: Dr. Gilmar A. B. Marodin

RESUMO

A produção de maçãs no sul do Brasil é limitada por condições climáticas. Temperaturas baixas e contínuas no inverno são indispensáveis para que as plantas iniciem um novo ciclo vegetativo, com brotação e floração adequadas. Além das temperaturas de inverno, as condições térmicas de primavera e verão também influem no desenvolvimento das plantas. Portanto, a fenologia de macieiras depende de condições climáticas. O objetivo principal deste trabalho foi ajustar modelos para estimar a ocorrência de estádios fenológicos de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em função do clima, na região produtora de Vacaria. Dados meteorológicos de 1983 a 2009, do município de Vacaria, foram cedidos pela Embrapa Uva e Vinho. As médias deste período foram comparadas às normais 1931-1960 e 1961-1990, e analisada a existência de tendência temporal. Dados fenológicos das cultivares foram obtidos em seis pomares, nos ciclos de 2003/2004 a 2009/2010. Caracterizou-se a fenologia média quanto ao número de dias e graus-dias acumulados. Foram ajustados modelos para estimar o número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e eventos fenológicos posteriores, em função de horas de frio e temperatura do ar de cada período. A precipitação pluvial diferiu das normais e demonstrou tendência de aumento na primavera. Há tendência temporal de aumento da temperatura mínima do ar e redução do número de horas de frio. A disponibilidade de frio varia entre os anos, sendo os meses de maio a julho os que mais contribuem. As unidades de frio necessárias para superação da dormência de gemas das cultivares avaliadas não são atingidas, mesmo em anos com maior acúmulo de frio. Em pomares que recebem produtos para superação da dormência não é possível estimar início de brotação em função de frio acumulado. A fenologia varia entre safras, sobretudo em função da temperatura do ar. O número de dias entre eventos fenológicos aumenta à medida que diminui a temperatura mínima do ar. É possível estimar o número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e eventos fenológicos posteriores em função de graus-dia acumulados. No entanto, as estimativas são mais precisas com o emprego de modelos que utilizam como variáveis preditoras graus-dia acumulados e temperaturas mínimas e médias do ar.

¹ Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (166p.) Julho, 2011.

MODELING THE PHENOLOGY OF 'ROYAL GALA' AND 'FUJI SUPREMA' APPLE TREES IN FUNCTION OF THE CLIMATE, IN THE VACARIA REGION, BRAZIL¹

Author: Loana Silveira Cardoso
Advisor: Dr. Homero Bergamaschi
Co-advisor: Dr. Gilmar A. B. Marodin

ABSTRACT

The production of apple in Southern Brazil is limited by climate conditions. Low and continuous air temperature during winter seasons are indispensable to plants for initiating a new vegetative cycle, and for an adequate budding and flowering. Besides of low temperature in winter, thermal conditions in spring and summer seasons have also influence in plant development. Therefore, the phenology of apple trees depends on climate conditions. The main objective of this work was to adjust models for estimating the occurrence of phenological stages of 'Royal Gala' and 'Fuji Suprema' apple trees in function of climate conditions, in the Vacaria region, Brazil. Meteorological data of the 1983-2009 series were provided by Embrapa Uva e Vinho. Mean values from that period were compared to climate means (1931-1960 and 1961-1990), and temporal trends were tested. A phenological data base was collected in six different locations, from the 2003/2004 to 2009/2010 cropping seasons. A mean crop phenology was characterized in terms of number of days and degree-days. Regression models were adjusted for estimating the number of days between bud breaking treatment and several phenological events as a function of the hibernal cold, degree-days and air temperature. The annual mean precipitation was higher than the climate normal means, and a tendency of increasing rainfalls was detected for spring seasons. Temporal tendencies of increasing minimum air temperature, as well as reducing number of cold hours were detected. The availability of hibernal cold showed high variability among years, and the months from May to July have the highest contribution. The requirement of cold units for breaking of bud dormancy in 'Royal Gala' and 'Fuji Suprema' apple trees is not achieved, even in the coldest winters. Estimation of initiate blooming as function of the accumulated cold is not possible if the orchard received bud break treatments. The apple phenology varied among cropping seasons, in particular due to conditions of air temperature. The duration of phenological stages increases as the air minimum temperature decreases. The occurrence of phenological events after bud break treatment can be estimated as function of accumulated degree-days. However, the precision of the estimative is higher if including the minimum and mean air temperatures to degree-days.

¹ Doctoral thesis in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (166p.) July, 2011.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 A cultura da macieira	6
2.1.1 A cultura da macieira no Brasil.....	8
2.1.2 Fenologia da macieira.....	9
2.1.2.1 Repouso vegetativo	10
2.1.2.2 Brotação.....	15
2.1.2.3 Floração, polinização e frutificação.....	16
2.1.2.4 Maturação e colheita.....	20
2.2 Zoneamento agroclimático da macieira	21
2.3 Caracterização e variabilidade climática da região de Vacaria.....	23
2.3.1 Radiação solar	25
2.3.2 Precipitação pluvial	26
2.3.3 Umidade relativa do ar	30
2.3.4 Vento e granizo	31
2.3.5 Temperatura do ar	32
2.3.6 Horas de frio.....	35
2.4 Modelos de relação clima-planta	38
2.4.1 Estimativas de acúmulo de frio	38
2.4.2 Estimativas de acúmulo de calor.....	41
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.1 Local	44
3.2 Base de Dados Meteorológicos	44
3.2.1 Análise de dados meteorológicos	47
3.3 Base de Dados Fenológicos	49
3.3.1 Análise de dados fenológicos.....	54
3.4 Modelos de estimativa de fases fenológicas.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57

4.1	Caracterização climática da região produtora de Vacaria, RS.....	57
4.1.1	Precipitação pluvial	59
4.1.2	Umidade relativa do ar	68
4.1.3	Velocidade do vento.....	70
4.1.4	Temperatura do ar	71
4.2	Regime de frio para macieiras na região produtora de Vacaria.....	86
4.2.1	Horas de Frio	86
4.2.2	Avaliação da homogeneidade entre locais da região produtora de Vacaria.....	91
4.2.3	Unidades de Frio.....	95
4.3	Fenologia de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ na região de Vacaria, RS.....	101
4.3.1	Caracterização fenológica das cultivares Royal Gala e Fuji Suprema	101
4.3.2	Fenologia das cultivares Royal Gala e Fuji Suprema em relação a graus-dia.....	110
4.4	Modelagem da fenologia de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ na região de Vacaria	117
4.4.1	Estimativa de início de brotação em função do acúmulo de frio	117
4.4.2	Estimativa de eventos fenológicos após o tratamento de quebra de dormência	123
4.4.2.1	Modelos lineares para estimativa de número de dias para eventos fenológicos em função de graus-dia.....	123
4.4.2.2	Teste dos modelos lineares de graus-dia	128
4.4.2.3	Estimativa de número de dias para eventos fenológicos através de modelos de regressão multivariada.....	131
4.4.2.4	Teste dos modelos de regressão multivariada.....	134
5	CONCLUSÕES	136
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138
7	APÊNDICES	148

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

1. Normal climatológica de Vacaria, RS, 1931-1960.....	45
2. Estimativa de unidades de frio pelos modelos de Horas de Frio Ponderadas (Erez & Lavee, 1971), modelo de Utah (Richardson <i>et al.</i> , 1974) e modelo Carolina do Norte (Shalton & Unrath, 1983).....	48
3. Dados dos pomares com cultivares/porta-enxerto e local/ano utilizados. Vacaria, RS. Brasil. 2009–2010.	52
4. Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e média, temperatura de relva, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de frio abaixo de 7,0°C do período de 1983 a 2009. Vacaria, RS.	58
5. Datas média, máxima e mínima de diferentes eventos fenológicos a partir do tratamento de quebra de dormência, desvios padrão (dias) e coeficientes de variação - CV (%) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	102
6. Número médio de dias entre os eventos fenológicos a partir do tratamento de quebra de dormência, desvios padrão (dias) e coeficientes de variação - CV (%) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	107
7. Coeficientes de correlação entre número de dias do tratamento de quebra de dormência a diferentes eventos fenológicos e respectivas médias de temperaturas do ar máxima, mínima e média, em macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	109
8. Graus-dia acumulados do tratamento de quebra de dormência à colheita, desvios padrão (GD) e coeficientes de variação - CV (%) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	111

9. Modelos de estimativa de número de dias para brotação a partir de 1° de maio em função de frio acumulado, calculado pelos modelos de Horas de Frio (HF) abaixo de 7,0°C e Horas Frio Ponderado, e modelos de Unidade de Frio (UF) Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS. 118
10. Modelos de regressão linear para estimativa do número de dias após o tratamento de quebra de dormência (Dias QD) para os eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas, início de raleio, início e fim de colheita em função de graus-dia acumulados (GDacum), coeficiente de determinação do modelo (R^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME - dias) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS..... 125
11. Modelos de regressão múltipla para estimativa de dias após o tratamento de quebra de dormência (Dias QD) para os eventos fenológicos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas e início de colheita, coeficiente de determinação ajustado do modelo (R^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME - dias) para 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema'. Vacaria, RS. 133
12. Média (dias), erro absoluto médio (EAM, dias) e coeficiente de determinação (R^2) para número de dias observados e estimados por modelos de regressão multivariada, referentes a eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas e início de colheita de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em diferentes locais e anos. Vacaria, RS..... 134

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Zoneamento agroclimático da cultura da macieira no Estado do Rio Grande do Sul.	22
2. Imagem de satélite com localização das sete estações do SisAlert utilizadas no estudo. Vacaria, RS, Brasil. 2009-2010.....	46
3. Escala de fenologia da macieira 'Eva'.....	50
4. Localização das seis áreas utilizadas para obtenção da fenologia, em pomares de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema'. Vacaria, RS, Brasil. 2009-2010.	51
5. Precipitação pluvial total mensal média de 1983 a 2009 e precipitação pluvial normal climatológica (1931-1960), Vacaria, RS.....	60
6. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) para precipitação pluvial mensal do período 1983-2009, Vacaria, RS.	61
7. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da diferença entre a precipitação pluvial mensal do período 1983-2009 e as normais 1931-1960, Vacaria, RS.	62
8. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional do período de 1983-2009. Vacaria, RS.....	64
9. Precipitação pluvial total anual de 1983 a 2009 (Vacaria, RS) e linha de precipitação máxima, segundo o critério de zoneamento para cultura da macieira (Westphalen & Maluf, 1979).	67
10. Umidade relativa do ar média mensal de 1983 a 2009 e normais climatológicas 1931-1960. Vacaria, RS.....	68
11. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da umidade relativa do ar média mensal do período 1983-2009 e diferenças em relação às normais climatológicas 1931-1969. Vacaria, RS.....	69
12. Tendência linear da umidade relativa do ar média anual do período 1983-2009. Vacaria, RS.	70

13. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da velocidade do vento mensal e tendência temporal das médias anuais do período 1983-2009, Vacaria, RS.	71
14. Médias mensais da temperatura do ar máxima, média e mínima e temperatura mínima a 5 cm acima de relva do período 1983-2009 e normais climatológicas 1931-1960, Vacaria, RS.....	72
15. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da temperatura máxima, média e mínima do ar, da amplitude térmica e da temperatura mínima a 5 cm acima de relva do período 1983-2009, Vacaria, RS.	74
16. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da diferença entre as médias mensais de temperaturas do ar máxima, mínima, média e mínima a 5 cm acima de relva do período 1983-2009 e as normais climatológicas de 1931-1960, Vacaria, RS.....	77
17. Temperatura máxima do ar no inverno e temperatura média no verão (Vacaria, RS) e linha de limites de temperatura adotados como critério para definir regiões preferenciais no zoneamento para cultura da macieira (Westphalen & Maluf, 1979).	79
18. Tendência temporal linear da temperatura do ar média, máxima, mínima e amplitude térmica anual do período 1983-2009. Vacaria, RS.....	80
19. Tendência linear da temperatura máxima do ar estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.....	81
20. Tendência linear da temperatura mínima do ar estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.....	81
21. Tendência linear da temperatura média do ar estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.....	82
22. Tendência linear da amplitude térmica estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.	82
23. Totais anuais de número de horas de frio abaixo de 7,0°C de maio-agosto e maio-setembro no período 1983-2009 e anomalias em relação à média climatológica de 1956-2003. Vacaria, RS.....	87
24. Número de horas de frio acumuladas abaixo 7,0°C de maio-agosto no período 1983-2009 (Vacaria, RS) e limite mínimo de horas de frio segundo critério de zoneamento da cultura da macieira (Westphalen & Maluf, 1979).	89
25. Tendência temporal para número de horas de frio acumuladas abaixo de 7,0°C de maio-agosto e maio-setembro no período 1983-2009. Vacaria, RS.	89

26. Análise de regressão entre temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluvial diários da estação convencional e da estação automática SisAlert, localizadas na Estação Experimental da Embrapa Uva e Vinho do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.....	92
27. Somatório de unidades de frio, de maio a agosto (A) e de maio a setembro (B), segundo estimativas pelos modelos de Horas de frio Ponderadas, Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, no período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.	96
28. Somatório mensal de unidade de frio de maio a setembro, segundo estimativas pelos modelos de Horas de frio Ponderadas, Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, no período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.	99
29. Dias entre eventos fenológicos do tratamento de quebra de dormência ao fim da colheita de macieiras 'Royal Gala' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.....	104
30. Dias entre eventos fenológicos do tratamento de quebra de dormência ao fim da colheita de macieiras 'Fuji Suprema' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.....	105
31. Graus-dia acumulados entre eventos fenológicas, de ponta verde à maturação (início de colheita) de macieiras 'Royal Gala' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.....	113
32. Graus-dia acumulados entre eventos fenológicas, de ponta verde à maturação (início de colheita) de macieiras 'Fuji Suprema' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.....	116
33. Modelos de estimativa de número de dias para brotação a partir de 1° de maio em função de frio acumulado, calculado pelos modelos de Horas de Frio (HF) abaixo de 7,0°C e Horas Frio Ponderado, e modelos de Unidade de Frio (UF) Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, para macieiras 'Royal Gala' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	119
34. Modelos de estimativa de número de dias para brotação a partir de 1° de maio em função de frio acumulado, calculado pelos modelos de Horas de Frio (HF) abaixo de 7,0°C e Horas Frio Ponderado, e modelos de Unidade de Frio (UF) Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, para macieiras 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.....	120
35. Modelos de regressão linear para estimativa do número de dias após o tratamento de quebra de dormência para os eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas, início de raleio, início e fim de colheita em função de graus-dia acumulados para macieiras 'Royal Gala' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.....	126

36. Modelos de regressão linear para estimativa do número de dias após o tratamento de quebra de dormência para os eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas, início de raleio, início e fim de colheita em função de graus-dia acumulados para macieiras 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS..... 127
37. Regressão linear do número de dias estimado após o tratamento de quebra de dormência e observado para os eventos fenológicos de ponta verde (PV), plena flor (PF), queda de pétalas (QP), início de raleio (IR), início de colheita (IC) e fim de colheita (FC) para 'Royal Gala' nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS. 129
38. Regressão linear do número de dias estimado após o tratamento de quebra de dormência e observado para os eventos fenológicos de ponta verde (PV), plena flor (PF), queda de pétalas (QP), início de raleio (IR), início de colheita (IC) e fim de colheita (FC) para 'Fuji Suprema' nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS..... 130

RELAÇÃO DE APÊNDICES

Página

1. Localização geográfica das estações do SisAlert utilizadas no estudo. Vacaria, RS, Brasil.	148
2. Médias anuais de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e média, temperatura de relva, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de frio $>7,0^{\circ}\text{C}$ do período de 1983 a 2009. Vacaria, RS.	149
3. Tendência linear da umidade relativa do ar anual e estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.	150
4. Tendência linear da velocidade do vento anual e estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.	151
5. Regressão linear entre temperatura do ar em valores diários da estação convencional Embrapa e estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.	152
6. Regressão linear entre umidade relativa do ar em valores diários da estação convencional Embrapa e estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.	153
7. Regressão linear entre precipitação pluvial em valores diários da estação convencional Embrapa e estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.	154
8. Médias estacionais e desvio padrão da temperatura e umidade relativa do ar das estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.	155
9. Análise de variância da temperatura média do ar e umidade relativa do ar das estações SisAlert, do período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.	156
10. Médias estacionais e desvio padrão da precipitação pluvial das estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.	157
11. Análise de variância da precipitação pluvial das sete estações SisAlert, do período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.	158

12. Data média anual dos eventos fenológicos da cultivar Royal Gala dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	159
13. Data média anual dos eventos fenológicos da cultivar Fuji Suprema dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	160
14. Número de dias entre eventos fenológicos da cultivar Royal Gala dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	161
15. Número de dias entre eventos fenológicos da cultivar Fuji Suprema dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	162
16. Diferença de graus-dia acumulado entre eventos fenológicos da cultivar Royal Gala dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	163
17. Diferença de graus-dia acumulado entre eventos fenológicos da cultivar Fuji Suprema dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	164
18. Médias mensais da temperatura máxima, mínima e média do ar do período de agosto a julho das safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	165
19. Média, desvio padrão e coeficiente de variação das temperaturas máxima, mínima e média do ar do período de setembro a março das safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.	166

1 INTRODUÇÃO

Entre as frutas de clima temperado, cultivadas no Brasil, a maçã é a que apresentou maior expansão em área de cultivo e em volume de produção, nos últimos vinte anos. A produção nacional de maçã varia em função da expansão de área cultivada, da tecnologia empregada no processo produtivo, densidade de plantas, adubação do solo, condução do pomar, tratamentos fitossanitários, raleio e, principalmente, das condições meteorológicas (BRDE, 2005). A macieira é cultivada, preferencialmente, em regiões temperadas ou de grandes altitudes, onde as condições climáticas propiciam sua produção e a qualidade dos frutos.

O ciclo anual da macieira compreende dois períodos distintos: repouso e crescimento vegetativo. No período de repouso há formação de substâncias reguladoras de crescimento que controlam as mudanças metabólicas de entrada e saída de dormência. As gemas dormentes necessitam certa quantidade de frio para uma posterior “quebra de dormência” e o subsequente desenvolvimento de ramos vegetativos ou produtivos. Entre os fatores do ambiente, o desenvolvimento da macieira depende de luminosidade, disponibilidade de nutrientes, condições de solo e temperatura do ar, sendo este último o que apresenta a maior influência.

As condições climáticas são as que realmente limitam o cultivo da macieira em diferentes áreas, principalmente no Sul do Brasil. Temperaturas baixas e contínuas nos meses de inverno são indispensáveis para que a planta inicie um

novo ciclo vegetativo, com brotação e floração normais. Se forem introduzidas em regiões onde as necessidades de frio não são satisfeitas as espécies de clima temperado podem manifestar diversos distúrbios fisiológicos, como brotação e floração erráticas, diminuição da taxa de brotação, alongamento do período de brotação e floração, abertura de gemas de forma escalonada no tempo e redução na produção e na longevidade (Petri *et al.*, 1996; Petri *et al.*, 2006). Nessas regiões, as flutuações de temperatura durante o inverno podem interferir na superação da dormência de gemas.

Assim, ao avaliar as condições de cada região de cultivo da macieira é importante quantificar a disponibilidade de frio e conhecer as necessidades das cultivares de interesse, pois os requerimentos de frio dependem de cada genótipo. Os genótipos de macieira mais utilizados no Brasil pertencem aos grupos Gala e Fuji e seus clones que, por suas características de tamanho, cor e sabor, têm grande aceitação nos mercados brasileiro e mundial. As cultivares do grupo Gala apresentam média exigência em frio, de 600 HF (horas frio) abaixo de 7,2°C, enquanto que as cultivares do grupo Fuji necessitam mais frio que as anteriores, entre 700 a 800 HF abaixo de 7,2°C. Com isto, macieiras de ambos os grupos necessitam quebra de dormência artificial em altitudes inferiores a 1300m, no Sul do Brasil (Petri *et al.* 2006).

Além das temperaturas de inverno, as condições térmicas da primavera e do verão também influenciam o desenvolvimento da macieira durante o período vegetativo. Geadas tardias, no período da floração e frutificação efetiva, podem comprometer seriamente a produção. O desenvolvimento dos frutos e outros órgãos de macieiras, como brotos está positivamente relacionado a uma faixa de temperatura ótima entre 25 e 30°C. Temperaturas acima desta faixa podem prejudicar a fotossíntese, reduzir o crescimento da parte aérea e raízes, além de

afetar a qualidade dos frutos. Por outro lado, dependendo do estágio de ocorrência, temperaturas extremamente baixas no período de floração e frutificação efetiva podem comprometer a produção (Iuchi, 2006).

O monitoramento da fenologia das plantas permite caracterizar a época de ocorrência das diferentes fases e estádios e a duração dos subperíodos de desenvolvimento das culturas, relacionando-as com variações estacionais. Assim, a fenologia torna-se uma ferramenta de interpretação das interações da cultura com as condições climáticas locais. Neste sentido, alguns estudos vêm sendo realizados, visando avaliar a fenologia e a adaptação de cultivares de macieira no Brasil (Petri, 1997; Putti & Petri, 2002; Soster & Latorre, 2007).

A climatologia, que envolve o cálculo de médias de longo prazo, da variabilidade dos elementos meteorológicos e seus extremos, assim como da frequência ou probabilidade de ocorrência de determinadas condições, tem grande importância e aplicabilidade em atividades agropecuárias, permitindo avaliar as disponibilidades climáticas de uma região para determinados cultivos. Esses estudos também são importantes para zoneamentos agroclimáticos e para o conhecimento dos mecanismos de adaptação fenológicos das culturas.

No caso da macieira, o emprego de métodos para cálculo de acúmulo de frio e calor pode ser extremamente útil na composição de modelos para previsão de fases fenológicas importantes, como a brotação e a maturação. Considerando a importância da época de brotação, para garantia de produção e tomada de decisões na fruticultura, em geral, torna-se necessário ajustar modelos de relação clima-planta para predizer, com confiabilidade, a ocorrência de fases fenológicas. Nesse sentido, e focalizando o caso da produção de maçãs no Sul do Brasil, devem ser levados em conta os modelos existentes, porém, buscando seu ajuste às condições climáticas específicas da região.

Diante da importância da cultura da maçã na região Sul do Brasil, e da carência de informações que documentem a variabilidade climática de sua extensa região produtora e, portanto, das variações de fenologia e crescimento da macieira, torna-se necessário ajustar modelos de relação clima-planta para prever, com confiabilidade, a ocorrência das principais fases fenológicas da cultura. Desta forma, e considerando o caso específico da região de Vacaria, RS, as hipóteses estabelecidas para este estudo foram as seguintes:

- As condições meteorológicas alteram os intervalos entre eventos fenológicos da macieira e, conseqüentemente, a ocorrência dos estádios fenológicos;
- A temperatura do ar é o principal elemento determinante da variabilidade fenológica da macieira;
- É possível estimar a ocorrência de fases fenológicas, como floração/brotação e maturação/colheita, através de modelos matemáticos que utilizam parâmetros derivados da temperatura do ar, na região de Vacaria, RS;

O objetivo principal deste trabalho foi ajustar modelos de relação clima-planta para estimar a ocorrência de estádios fenológicos de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', no município de Vacaria, RS.

Como objetivos específicos buscou-se:

- Organizar a série histórica de dados meteorológicos de Vacaria, RS, em base diária e horária, com verificação de consistência e estimativa de dados faltantes, a fim de caracterizar as disponibilidades climáticas para a cultura da macieira na região;

- Organizar uma base de dados sobre a ocorrência das principais fases fenológicas e caracterizar o padrão fenológico de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', em Vacaria-RS;
- Avaliar a disponibilidade climática da região de Vacaria frente às necessidades da cultura da macieira;
- Ajustar modelos de relação clima-planta para estimativa de datas de brotação/floração, em função de unidade de frio e graus-dia;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da macieira

A macieira está entre as mais antigas culturas do mundo. Juntamente com a pera, a maçã é o fruto mais importante entre as plantas caducifólias. A macieira (*Malus domestica* Borkh) é originária da Ásia e pertence à família Rosaceae, que abrange cerca de 100 gêneros e mais de 2.000 espécies. É considerada uma espécie de fruteira lenhosa, decídua, temperada e adaptável a condições climáticas diferentes. A macieira é amplamente cultivada em clima temperado e, cada vez mais se desloca para regiões tropicais, participando de grande parte do comércio de frutas do mundo, sendo uma das frutas mais consumidas.

A macieira é cultivada em todos os continentes, principalmente em países do Hemisfério Norte. No Hemisfério Sul, a macieira está presente, principalmente, nos países do Cone Sul da América do Sul, no extremo sul da África e na Oceania (Bleicher, 2006).

A planta é caracterizada por ter porte pequeno a médio, folhagem caduca, e com formato variável, dependendo do tipo de poda. Os ramos possuem folhas simples, inteiras, ovado-elípticas ou ovado-oblongas, serradas ou crenadas e tomentosas na parte abaxial. A área foliar tem longa duração e rápido desenvolvimento inicial, devido às reservas de carbono e nutrientes armazenadas na planta nos ciclos anteriores (Iuchi, 2006).

As flores se dispõem em inflorescências hermafroditas denominadas umbelas, com cinco pétalas, em geral branco-rosadas, e sépalas branco-tomentosas. Os frutos da macieira são pomos pequenos, médios ou grandes, muito variáveis na coloração da epiderme, forma, textura, sabor da polpa e dimensões do pedúnculo. Os frutos de coloração avermelhada são os mais aceitos, sendo as variedades mais cultivadas no Brasil as dos grupos 'Gala' e 'Fuji'.

A frutificação e a produção das macieiras estão associadas ao desenvolvimento adequado das gemas, que depende do manejo da copa, do equilíbrio nutricional e fitossanitário das plantas, bem como de condições meteorológicas adequadas para superação da dormência, abertura das gemas, polinização e fecundação das flores e fixação dos frutos. Verifica-se, assim, que a produção de frutos é complexa e dependente do êxito de cada estágio fenológico.

Entre os fatores luminosidade, disponibilidade de nutrientes, condições de solo e temperatura do ar, este último é o que apresenta a maior influência no desenvolvimento da macieira. As condições que realmente limitam o cultivo da macieira em diferentes áreas, principalmente no sul do Brasil, são as climáticas. Temperaturas baixas e contínuas nos meses de inverno são indispensáveis para que a planta inicie um novo ciclo vegetativo, com brotação e floração normais (Petri *et al.*, 1996).

Além das temperaturas de inverno, as condições térmicas da primavera e do verão também podem influenciar o desenvolvimento da macieira, que necessita 18 a 23°C durante o período vegetativo. Geadas tardias e granizo, no período da floração e frutificação efetiva, podem comprometer seriamente a produção. Temperaturas amenas durante a noite podem influenciar

favoravelmente o crescimento vegetativo, o florescimento, o tamanho e a coloração dos frutos (Petri *et al.*, 2006).

2.1.1 A cultura da macieira no Brasil

No Brasil, o cultivo da macieira se localiza basicamente na Região Sul, predominantemente nos estados de Santa Catarina (1.900 produtores) e Rio Grande do Sul (651 produtores). O Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor nacional de maçã, com 476.035 toneladas, que representam 39% do total produzido no país. Juntamente com Santa Catarina, os dois Estados respondem por 92% da produção brasileira (AMAP, 2006; AGAPOMI, 2010).

No Rio Grande do Sul, a região dos Campos de Cima da Serra é a maior produtora com 67,7% do total produzido. Destaca-se o município de Vacaria, que na safra 2009/2010 foi responsável por 54% da produção (248.330 toneladas) e os municípios de Caxias do Sul, com 58.872 toneladas (13%), e Bom Jesus com 47.210 toneladas (10%) (AGAPOMI, 2010).

O volume da produção nacional de maçãs varia, também, em função da expansão de área cultivada, da tecnologia empregada no processo produtivo e, principalmente, das condições meteorológicas (BRDE, 2005).

No Brasil, a área com macieiras vem se expandindo a uma taxa de 2% ao ano, demonstrando que há potencial para que a produção nacional supere um milhão de toneladas de maçãs, desconsiderando-se riscos por problemas meteorológicos ou fitossanitários (Bonetti *et al.*, 2006a).

As cultivares Gala e Fuji e seus clones são as mais plantadas no Brasil. Na safra 2009/10, esses dois grupos responderam por 94,6% da produção de maçã do País. No período de 2002 a 2009, o grupo 'Gala' foi responsável por mais de 60% dos novos plantios, enquanto o Grupo 'Fuji' por cerca de 30% dos novos

pomares. Essas cultivares se destacam em relação às cultivares *standard*, principalmente, pela coloração vermelha da epiderme (Fioravanço *et al.*, 2010a).

A região Nordeste do RS, com destaque para Vacaria e Caxias do Sul, apresenta as melhores possibilidades para a expansão da atividade, em função da disponibilidade de áreas aptas ao cultivo e pelas condições climáticas favoráveis às principais cultivares demandadas pelo mercado.

2.1.2 Fenologia da macieira

A fenologia é uma ciência integrativa que estuda os eventos que ocorrem no ciclo de vida das plantas e animais (Schwartz, 2003). Esses eventos são dependentes de condições meteorológicas, especialmente da temperatura. A fenologia de determinada espécie é um instrumento para detectar e medir o impacto das mudanças climáticas locais e globais no tempo e clima da biosfera (Roetzer *et al.*, 2000).

O conhecimento da fenologia desempenha importante função, pois permite a caracterização da duração das etapas de desenvolvimento das culturas ao longo do tempo, especialmente relacionando-as às variações estacionais, sendo uma ferramenta na interpretação da interação da cultura com as condições climáticas locais.

Os eventos fenológicos variam entre anos devido à variação dos elementos climáticos, principalmente a temperatura. Alguns estudos vêm sendo realizados buscando avaliar a fenologia e adaptação de cultivares de macieira no Brasil (Putti & Petri, 2002; Soster & Latorre, 2007; Oliveira *et al.*, 2010a; Oliveira *et al.*, 2010b).

2.1.2.1 Repouso vegetativo

No final do ciclo da macieira ocorre a queda das folhas, e as plantas limitam ou cessam seu crescimento, de forma a permitir a sobrevivência em baixas temperaturas, iniciando o período de repouso vegetativo ou dormência. O período de repouso vegetativo permite que a planta consiga sobreviver sob frio intenso (Petri *et al.*, 2006).

Durante o repouso vegetativo as atividades metabólicas essenciais continuam a ocorrer, embora com intensidade reduzida. Reações bioquímicas, que são essenciais para iniciar um novo ciclo de crescimento, ocorrem no interior da planta durante a dormência. Essas reações dependem de fatores genéticos e ambientais, que afetam as substâncias reguladoras de crescimento, as quais controlam as trocas metabólicas durante a dormência (Petri *et al.*, 2006).

Durante a dormência ocorre a suspensão temporária do crescimento de toda a zona meristemática. Com base neste enfoque, Lang *et al.* (1987) definiram uma classificação desse processo em três grandes grupos: paradormência, endodormência e ecodormência. Na paradormência a ausência de desenvolvimento de uma gema resulta da influência de outro órgão da planta. Na ecodormência a ausência de desenvolvimento da gema acontece devido a um fator ambiental e, assim que esse fator deixa de ser limitante, um novo fluxo de crescimento se restabelece. A endodormência ocorre em meses frios, quando o não desenvolvimento da gema resulta de uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos ao nível de meristemas (Lang *et al.*, 1987).

Os mecanismos verdadeiramente específicos da endodormência e da paradormência não são inteiramente conhecidos. A endodormência pode ocorrer com intensidade e períodos distintos, de acordo com a cultivar, idade da gema e

condições climáticas (Putti *et al.*, 2003a; Putti *et al.*, 2003b; Carvalho & Zanette, 2004a; Carvalho & Zanette, 2004b).

Faust *et al.* (1997) constataram que quatro fatores podem explicar o controle do crescimento das gemas: o estado hormonal, o estado da água, a estrutura das membranas e o estado trófico. Durante o repouso as gemas das frutíferas temperadas podem apresentar um estado de maior ou menor profundidade de dormência, dependente da interação do genótipo com o ambiente.

Os processos fisiológicos envolvidos na entrada e saída da endodormência podem estar relacionados a modificações na estrutura celular (Larcher, 2000), alterações do metabolismo energético nas gemas (Bonhomme *et al.*, 2000), fluxo de carboidratos, suprimento de nutrientes e translocação de reservas em curtas distâncias, regulação hormonal, bem como à relação entre todos estes fatores, resultando numa dinâmica variada de resposta à ação do frio (Erez, 2000, citado por Putti *et al.*, 2003a).

Sob condições naturais, a entrada e saída da dormência são influenciadas por fatores genéticos e ambientais, como cultivar, porta-enxerto, temperatura, luz, época de ocorrência do frio e precipitação pluvial. Além disso, os reguladores de crescimento (ácido abscísico, auxinas e citocininas) também interferem no processo de dormência, entre outros.

A cultivar Gala se adapta bem em regiões de altitude (acima de 1.300m), necessitando quebra de dormência artificial em menores altitudes, sendo considerada como cultivar de média exigência em frio, de 600 HF (horas frio) abaixo de 7,2°C. Já, a cultivar Fuji é mais exigente em frio que a anterior, necessitando entre 700 a 800 HF abaixo de 7,2°C, apresentando falta de adaptação climática nas regiões com menos de 1300m de altitude (Petri *et al.*,

2006). Poucos são os trabalhos informando sobre as necessidades térmicas dos clones desses dois grupos de macieiras.

Como o frio de outono e inverno influencia diretamente a capacidade de brotação das gemas, é fundamental que se conheça a quantidade de frio que cada cultivar precisa para a superação da endodormência, de forma a garantir a brotação, a floração e a produção de frutos em níveis adequados (Petri *et al.*, 2006).

Segundo Petri *et al.* (1996), para mensurar a quantidade de frio necessária para superar a dormência, o método mais utilizado, durante muito tempo, foi o da soma diária de horas abaixo de 7,2°C no período de outono e inverno. Angelocci *et al.* (1979) desenvolveram equações para estimar o número de horas de frio abaixo de qualquer temperatura base, para certo período desejado.

Erez *et al.* (1979) observaram efeito adverso de altas temperaturas (cíclicas) sobre a endodormência, onde as temperaturas elevadas, após um período de frio, causaram atraso na brotação. No entanto, temperaturas superiores a 7,2°C também podem ser efetivas na abertura de gemas. Erez & Lavee (1971) verificaram que as temperaturas mais eficazes para superar a dormência de gemas vegetativas axilares e terminais de pessegueiro foram de 6°C e 8°C, respectivamente. Porém, temperaturas de 13°C também tiveram ação positiva, sendo que a exposição das plantas a 10°C provocou 50% da brotação de gemas do tratamento a 6°C. Tais autores ressaltam a importância do cálculo de horas de frio ponderadas, considerando a eficiência relativa de cada temperatura.

Para Erez & Couvillon (1987), o frio contínuo a 8°C foi mais eficiente na superação da dormência do pessegueiro, enquanto que as exposições das gemas a 14°C foram totalmente ineficientes. Entretanto, a variabilidade genética entre

diferentes cultivares limita a determinação das necessidades de frio, se não forem conhecidas às temperaturas efetivas para superar a dormência de cada cultivar (Putti *et al.*, 2003b).

Segundo Putti *et al.* (2003b) a temperatura efetiva para acumular frio varia entre cultivares, podendo chegar até 15°C para cultivares de menor exigência em frio. O tempo médio para a brotação é reduzido com o aumento do número de unidades de frio, independentemente da temperatura de indução da brotação.

Para as cultivares Gala e Fuji quanto maior o número de unidades de frio na dormência, menor é o tempo e a necessidade de unidades térmicas para a brotação das gemas. Putti *et al.*, (2000) determinaram a partir de regressões temperaturas base inferior e base superior para a brotação de 3 e 2°C para 'Fuji' e 28 e 30°C para 'Gala'. Richardson *et al.* (1975) determinaram 4,5°C como temperatura base genérica para o cálculo de unidades de calor em frutíferas temperadas.

Quando espécies de clima temperado são introduzidas em regiões onde as necessidades de frio não são satisfeitas, podem surgir diversos distúrbios fisiológicos, como brotação e floração erráticas, diminuição da taxa de brotação, alongamento do período de brotação e floração, abertura de gemas de forma escalonada no tempo e redução na produção e na longevidade (Petri *et al.*, 1996; Petri *et al.*, 2006).

As gemas de plantas em dormência sob ação contínua de baixas temperaturas, por determinado tempo, sairão dessa fase após receberem certo acúmulo de calor. Sendo assim, as baixas temperaturas têm dupla função: indução e término da dormência (Petri *et al.*, 2006).

A dormência é induzida por baixas temperaturas de outono e inverno, e sua duração depende da intensidade do frio, da cultivar em questão do porta-enxerto,

vigor das plantas, posição das gemas, entre outros. Em regiões com menor intensidade de frio pode ocorrer alteração no ciclo da planta, retardando a entrada e a saída de dormência.

A dormência pode variar dentro da mesma planta, em função da localização da gema, do tipo de ramo e do seu estado nutricional. De modo geral, gemas vegetativas laterais requerem maior quantidade de frio que gemas floríferas e terminais. As gemas terminais exercem importante papel no controle da dormência das gemas laterais, em função da dominância apical e por apresentam maior profundidade de dormência e, portanto, necessitam maior período de exposição ao frio (Herter *et al.* 2001).

Nos ramos de ano as gemas laterais da metade inferior brotam mais facilmente que as da metade superior. Além disso, ramos curtos são menos exigentes que ramos longos ou mais vigorosos (Petri *et al.*, 2006).

A restrição da radiação solar tem efeito positivo sobre a dormência, pois promove a diminuição da temperatura e das oscilações diárias. Portanto, invernos frios e nublados são favoráveis à dormência. Outra condição meteorológica importante é a ocorrência de dias curtos, com reduzida intensidade luminosa (Petri *et al.*, 2006).

Na maioria dos anos, a maior parte das horas de frio pode ocorrer do início a meados do inverno, e ser satisfatória para a brotação e floração (Fioravanço *et al.*, 2010b).

A precipitação pluvial pode agir, caso reduza a temperatura das gemas pela evaporação da água e o teor de oxigênio das gemas, criando condições anaeróbias, que promoveriam a quebra de dormência. As chuvas também podem ter efeito de lavagem das substâncias inibidoras do crescimento das gemas (Petri *et al.*, 2006).

2.1.2.2 Brotação

A brotação das macieiras ocorre no final do inverno ou início da primavera, dependendo da cultivar, à medida que ocorre aumento da temperatura do ar. Nessa fase, os processos fisiológicos são acelerados sob condições de temperatura e umidade elevadas.

A uniformidade da brotação ocorre quando há acúmulo de frio suficiente ou quando é realizado tratamento de superação de dormência. Um dos métodos mais utilizados para determinar o percentual de brotação e o tempo médio para brotação é o que utiliza ramos de 15 a 25 cm, aos quais são aplicados diferentes tratamentos de frio, seguidos de um tratamento de 25°C, em câmara de crescimento (Herter *et al.*, 1992; Bianchi *et al.*, 2000).

Putti *et al.* (2003b) observaram que as cultivares Condessa e Baronesa apresentaram baixo número de dias para a brotação com temperatura de 15°C, demonstrando que as necessidades em frio podem ser satisfeitas com esta condição térmica (15°C), dependendo da cultivar.

A aplicação de 1.440 horas de frio suplementar de 4 a 7° C alterou a dinâmica da dormência das gemas, reduzindo seu tempo médio de brotação tanto em gemas de um ano (Carvalho & Zanette, 2004b) quanto de dois anos (Carvalho & Zanette, 2004a), com maior velocidade de brotação no mês de agosto, após a superação da dormência pelo tratamento com frio.

O maior ou menor tempo médio para brotação pode estar relacionado não somente às necessidades de frio da cultivar, mas também ao suprimento das exigências térmicas para a brotação (Putti *et al.*, 2003b). Segundo Putti *et al.* (2003a), as cultivares Condessa, Baronesa, Daiane, Imperatriz, Gala e Fuji diferenciaram-se quanto ao número de dias para a brotação das gemas,

ocorrendo menor tempo e maior porcentagem de brotação quando receberam 1.590 unidades de frio em todas as cultivares, demonstrando que há relação entre o tempo médio da brotação e a profundidade da dormência.

De acordo com Petri *et al.* (1996) e Petri *et al.* (2006), grande parte das regiões onde a cultura é explorada no país não proporciona somatório de frio suficiente para a adequada brotação das gemas, sendo necessária a adoção de práticas complementares de manejo para minimizar problemas decorrentes da falta de frio. No RS as principais variedades utilizadas ('Gala' e 'Fuji' e seus clones) se caracterizam pela alta exigência em frio, sendo necessária a utilização de agentes químicos, visando à maximização da brotação de gemas e a uniformização da floração.

Vários produtos químicos, incluindo reguladores de crescimento e componentes nutricionais, têm sido utilizados para a quebra da dormência (El-Agamy *et al.*, 2001). Dentre os produtos usados para superação da dormência, o óleo mineral e a cianamida hidrogenada são os mais utilizados e dos poucos registrados para macieira. Esses produtos têm apresentado resultados satisfatórios, antecipando a brotação e floração, principalmente nos locais em que a necessidade de frio é parcialmente suprida (Palladini & Petri, 1999; Nachtigall & Camelatto, 1997).

2.1.2.3 Floração, polinização e frutificação

O florescimento, a polinização e a fixação dos frutos são as fases fenológicas mais críticas da macieira. Nestes períodos são determinados os componentes do rendimento.

A formação das flores da macieira passa por duas etapas essenciais: indução, seguida da iniciação do processo floral, diferenciação e crescimento das

estruturas florais, culminando com a antese. A indução floral se refere à mudança do período vegetativo para o reprodutivo. Nela não ocorrem alterações macroscópicas visíveis. Para a maioria das espécies temperadas a indução ocorre no final da primavera ou início do verão, mas pode se estender para o início do outono, em algumas condições. A iniciação começa quando se verifica, microscopicamente, um achatamento no meristema, que constitui o primórdio de sépalas, pétalas, estames e pistilos. A maioria das partes da flor estão presentes no início do outono. Os processos de indução e iniciação podem ser reversíveis. Ou seja, sob alguma condições de estresse, o meristema reprodutivo pode se transformar em meristema vegetativo. A partir da diferenciação, o florescimento é irreversível, pois a formação de sépalas, pétalas, estames e pistilo já ocorreu (Petri *et al*, 1996).

A indução e iniciação podem ser influenciadas por fatores relacionados à planta e ao ambiente. O vigor excessivo ou reduzido de uma planta pode inibir a formação de gemas, com diminuição da quantidade de botões florais e conseqüentemente de frutos.

A indução floral pode também ser inibida devido à elevada carga de frutos da planta. Isto pode ser controlado, na maioria das cultivares, pela remoção de frutos (raleio), entre 3 ou 4 semanas após a floração. Verifica-se que as sementes dos frutos de macieira são fontes de ácido giberélico, que podem inibir a floração (Petri *et al.*, 2006).

As condições ambientais também afetam a indução e iniciação. O fotoperíodo, praticamente, não influencia a floração da macieira, porém, a radiação solar é importante. A floração é maior em partes das plantas bem expostas ao sol e em locais em que há maior incidência de radiação solar. Experimentos com sombreamento artificial indicaram que o florescimento é

reduzido quando o nível de radiação fica abaixo de 30% do “pleno sol” (Jackson, 1980).

Assim, as práticas de arqueamento de ramos e poda das plantas devem ser realizadas de forma a deixar as macieiras com maior exposição à radiação e permitir a penetração da luz. A ocorrência de desfolha ocasionada por insetos e doenças, podem também comprometer a indução floral e iniciação, pois as folhas são as mais importantes estruturas para interceptar a radiação solar e translocar fotoassimilados.

A macieira é uma espécie que apresenta alto grau de incompatibilidade, necessitando de polinização cruzada. Em virtude disto, a polinização e a frutificação efetiva somente são asseguradas com a intercalação de diferentes cultivares, compatíveis entre si e com floração coincidente (Camilo & Denardi, 2006).

A polinização é realizada principalmente por insetos, especialmente abelhas. Durante a floração, períodos prolongados de tempo frio ou chuva limitam o vôo das abelhas, podendo ser prejudiciais à formação dos frutos.

Na floração, o ideal é a ocorrência de tempo seco e ensolarado, com temperaturas entre 20 e 28°C. Para isto, tanto o volume de precipitação, como sua intensidade, distribuição e número de dias chuvosos ou nublados são importantes na definição da produção de frutos. Poucos dias com precipitações intensas, intercalados com longos períodos ensolarados, são menos prejudiciais à polinização que uma seqüência de vários dias nublados ou chuvosos, mesmo com menor volume de precipitação (Fioravanço *et al.*, 2010b).

Logo após a fecundação o ovário e outros tecidos começam a crescer, e a carga de frutos da planta tende a se ajustar. No entanto, naquelas flores em que a

fertilização não ocorreu, não há formação de frutos. Muitos frutinhos em desenvolvimento também podem cair, antes de atingirem a maturidade.

Diversas práticas culturais podem ser usadas para aumentar a qualidade dos frutos, como a poda e o arqueamento de ramos, que mantêm o equilíbrio e controlam o vigor das plantas e evitam sombreamento excessivo.

O padrão de crescimento dos frutos é sigmoidal simples, ou seja, durante as primeiras 3 a 4 semanas o crescimento é intenso, quando ocorre principalmente a divisão celular. Posteriormente, o aumento no tamanho do fruto é mais lento, quando se dá a expansão de células e espaços intercelulares, exceto na epiderme, onde a divisão celular continua. Embora a expansão celular contribua para o volume, a divisão celular é fundamental na determinação do tamanho final (Luchi, 2006).

As temperaturas amenas no início da formação dos frutos estimulam o crescimento e aumentam o tamanho final (Warrington *et al.*, 1999), mas encurtam o período de divisão celular. Os principais fatores que determinam o tamanho final são: cultivar, carga de frutos na planta, exposição à luz, número de sementes, porta-enxerto e posição dos frutos nos ramos.

O desenvolvimento de frutos e outros órgãos de macieiras, como brotos, estão positivamente relacionados a uma faixa de temperatura ótima, entre 25 e 30°C. Temperaturas acima da faixa ótima podem prejudicar a fotossíntese, reduzir o crescimento da parte aérea e raízes, além de afetar a qualidade dos frutos. Por outro lado, temperaturas extremamente baixas, no período de crescimento, podem limitar a qualidade comercial dos frutos, em longo prazo, dependendo do estágio da planta (Luchi, 2006).

2.1.2.4 Maturação e colheita

As cultivares diferem amplamente no tempo de maturação. O grupo 'Gala' apresenta maturação geralmente desuniforme, necessitando vários repasses de colheita. A maturação ocorre entre a segunda quinzena de janeiro e a segunda quinzena de fevereiro. No grupo 'Fuji' a maturação ocorre de final de março a primeira quinzena de abril. Em regiões mais quentes a maturação tende a ser antecipada em relação a locais mais frios. Os porta-enxertos também podem afetar o tempo de maturidade.

As condições climáticas também afetam a maturação, sendo que a radiação solar e a temperatura do ar são os elementos mais importantes. As baixas temperaturas de primavera e verão retardam a maturação. A exposição à radiação solar aumenta a coloração vermelha e o teor de açúcar em maçãs. Frutos em partes fortemente sombreadas da planta são menores, com pouca coloração e menor teor de açúcar. Dias ensolarados, com temperaturas moderadas e sem excessos de precipitação pluvial são fundamentais para que a maturação da maçã ocorra normalmente e se produzam frutos sadios, com teores de açúcares e acidez equilibrados. A amplitude térmica, diferença entre a temperatura do dia e da noite, também é importante para a formação da cor vermelha da epiderme (Leite *et al.* 2002).

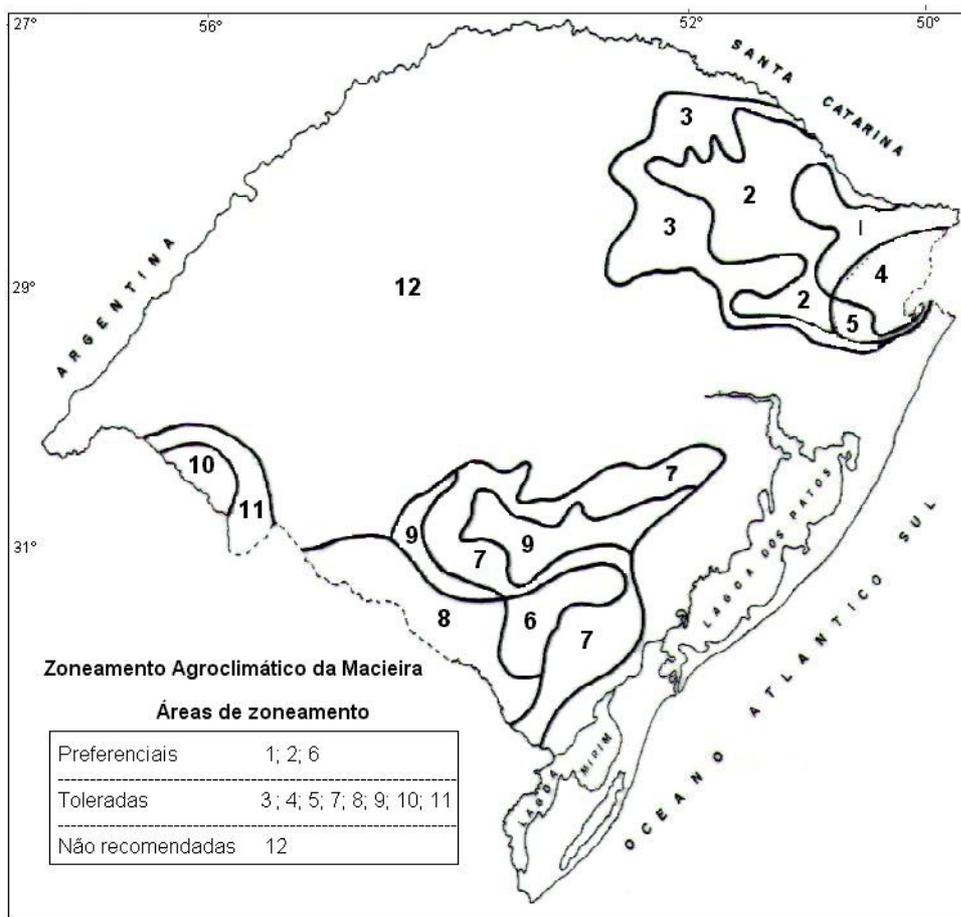
Existem vários métodos para determinar ou prever o tempo ideal de colheita. Os métodos mais utilizados consideram a firmeza de polpa, índice de degradação de amido, acidez titulável, concentração de sólidos solúveis e cor de fundo da epiderme. Além disso, podem ser usados produtos químicos para acelerar ou retardar a maturação, em função de decisões de manejo do pomar (Argenta, 2006).

2.2 Zoneamento agroclimático da macieira

O zoneamento agroclimático tem como objetivo identificar locais onde as necessidades climáticas da cultura são atendidas e, portanto, os riscos de insucesso são baixos. O zoneamento para o cultivo de macieira no Estado do Rio Grande do Sul considera os seguintes fatores: número de horas de frio abaixo de 7,2°C de maio a agosto, temperatura média das máximas mensais de inverno (junho, julho e agosto), temperatura média mensal de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e total anual de precipitação pluvial (Westphalen & Maluf, 1979; RIO GRANDE DO SUL, 1994; MAPA, 2009).

As áreas foram classificadas em: a) Áreas não recomendadas - onde o cultivo não é recomendado, por não apresentarem condições climáticas adequadas às exigências do material genético atualmente disponível; b) Áreas preferenciais - as que melhor satisfazem as exigências climáticas da macieira; c) Áreas toleradas - nas quais o número de horas de frio não atinge a necessidade total da macieira para a quebra de dormência natural, mas apresentam rendimentos e qualidade de frutos satisfatórios com aplicação de produtos químicos para a quebra de dormência (Figura 1).

Entre os critérios para zoneamento climático, além do acúmulo de frio hibernal, consideram-se as temperaturas máximas do inverno, cujas médias devem ser entre 15°C e 18°C, e as temperaturas médias do período vegetativo, que devem ser entre 18°C e 21°C, para que uma região seja considerada preferencial para cultivo.



Adaptado de Westphalen & Maluf (1979).

FIGURA 1. Zoneamento agroclimático da cultura da macieira no Estado do Rio Grande do Sul.

As zonas 1, 2, e 6 foram classificadas como preferenciais ao cultivo da macieira no Estado. As zonas 4 e 5 foram consideradas como toleradas por apresentarem índice pluviométrico elevado, entre 1.900mm e 2.000mm o que aumenta os riscos relacionados a doenças.

As regiões do Estado que apresentam um número acumulado de horas de frio inferior a 300 HF, foram consideradas inaptas para o cultivo da macieira. Algumas áreas da região da Campanha que, mesmo com um número de horas de frio ligeiramente superior a esse nível, mas que apresentaram temperaturas

médias das máximas de inverno e temperaturas médias de verão em níveis não satisfatórios também não foram consideradas aptas.

2.3 Caracterização e variabilidade climática da região de Vacaria

O município de Vacaria localiza-se nos chamados Campos de Cima da Serra, que fazem parte da região ecoclimática do Planalto Superior - Serra do Nordeste, no extremo Nordeste do Estado do RS, fazendo divisa com o Estado de Santa Catarina. Os principais municípios que compõem os Campos de Cima da Serra são Vacaria, Bom Jesus, São Francisco de Paula, Cambará do Sul, Lagoa Vermelha e Esmeralda, totalizando uma área de 11.331 km² (IBGE, 2010). É formada por uma planície elevada, inclinada para Oeste, com material de origem basáltico (IFC, 2001). A altitude média da região varia de 684 m a 1.047 m.

A vegetação predominante é de campo, com grandes extensões favoráveis à criação de gado bovino, interrompidas por capões de mata nativa de Araucária, florestas exóticas e grande quantidade de pomares comerciais (IFC, 2001). O relevo varia de suave a ondulado, com recortes profundos de alguns rios. Os solos predominantes são latossolos brunos, com altos teores de argila e alumínio.

O município de Vacaria está situado numa das regiões mais frias do Rio Grande do Sul. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região de Vacaria é do tipo Cfb - subtropical úmido com verões amenos. A região se caracteriza por invernos rigorosos, com ocorrência de geadas, e verão ameno. A temperatura média mensal varia de 10,6°C em julho a 19,6°C em janeiro, com médias anuais das mínimas e máximas de 10,2°C e 22,3°C, respectivamente. A média anual de precipitação pluvial é superior a 1.600 mm, com cerca de 130 dias de chuva durante o ano (Pereira *et al.* 2009).

As condições climáticas dos Campos de Cima da Serra, que inclui o município de Vacaria, foram descritas por Pereira *et al.* (2009) ao analisarem uma série de 60 anos de variáveis meteorológicas. Verificou-se que a temperatura média mensal varia de 11,4°C a 20,6°C e a precipitação pluvial mensal entre 101 mm e 168 mm mensais, com número de dias de chuva variando de 9 a 13 dias por mês. Na série avaliada, os autores observaram tendência de diminuição da temperatura máxima e aumentos da temperatura mínima e do número de dias com precipitação pluvial.

Mota & Alves (1990) verificaram que, em Vacaria, a incidência de granizo é acentuada, superando 20% dos anos no período de agosto a dezembro, 40% dos anos em setembro e 15% dos anos em janeiro e fevereiro. Segundo Berlato *et al.* (2000) podem ocorrer quatro ou mais eventos de queda de granizo por ano, sendo a primavera a estação com maior probabilidade de ocorrência do fenômeno.

Para o Rio Grande do Sul o estudo da variabilidade do clima é importante, porque o Estado tem como principais atividades econômicas a agricultura e agropecuária, que são fortemente influenciadas pelas condições climáticas. Além disso, a Região Sul do Brasil é considerada a de maior variabilidade nos elementos meteorológicos durante o ano, devido à influência determinante da estrutura topográfica, das variações de latitude e longitude, da passagem de sistemas de massas de ar e da formação de frentes meteorológicas (Machado *et al.*, 2010; Diniz *et al.*, 2003).

Segundo Araújo (2005), o Estado do Rio Grande do Sul necessita estudos mais apropriados sobre determinados espaços geográficos. Isto se deve a sua extensão territorial, características geográficas e climatológicas e à influência de sistemas meteorológicos sobre o Estado.

O estudo dos elementos climáticos, através do cálculo de médias de longo prazo, variabilidade, extremos e frequência ou probabilidade de ocorrência, tem grande importância e aplicabilidade em diversas atividades agropecuárias. Na agricultura, são importantes para zoneamentos agroclimáticos, bem como para o conhecimento dos mecanismos de adaptação fenológicos das culturas. Segundo Buriol *et al.* (1974) a variabilidade dos elementos climáticos constitui a base para a caracterização dos valores médios dos elementos meteorológicos mais influentes no crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

2.3.1 Radiação solar

A radiação solar global é a principal fonte de energia para os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre.

No estado do Rio Grande do Sul, de forma geral, a radiação solar global média decendial apresenta maiores valores em dezembro e janeiro, e menores nos meses de junho e julho. Para Vacaria, a radiação solar global varia entre 9,0 MJ m⁻² dia⁻¹ em junho a 21,0 MJ m⁻² dia⁻¹ em dezembro (Cargnelutti Filho *et al.*, 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, Custódio *et al.* (2009) observaram tendência de redução da insolação e aumento no índice de nebulosidade diurna, o que estaria relacionado ao aumento no número de dias com precipitação.

Na cultura da macieira, segundo FAO (1996) as condições mais adequadas para alcançar altas produções caracterizam-se por períodos de céu limpo e claro. Em relação ao fotoperíodo a cultura da macieira é considerada neutra.

Segundo Wareing (1964), citado por Braga *et al.* (2001), os hormônios inibidores de crescimento das gemas em macieiras são afetados pela radiação direta, alcançando níveis mais elevados em dias curtos. Segundo Braga *et al.*

(2001) a radiação solar também parece afetar a quebra da dormência, sendo que as principais investigações demonstram efeito negativo da radiação solar direta sobre as gemas.

A qualidade dos frutos, principalmente quanto à coloração, consistência e conteúdo de sólidos solúveis, é influenciada pela intensidade luminosa e amplitude térmica (Leite *et al.*, 2002). No entanto, a exposição dos frutos à radiação solar direta pode causar queimaduras da epiderme, dano conhecido como 'golpe de sol'.

2.3.2 Precipitação pluvial

Ávila (1994) avaliou o regime de precipitação pluvial, comparando a série de normais climatológicas de 1961 a 1990 com aquela do período de 1931 a 1960, quando observou acréscimo da precipitação pluvial de cerca de 100 mm em algumas regiões do Rio Grande do Sul, e acréscimos superiores a 250 mm na região noroeste do Estado.

Berlato *et al.* (1995) avaliaram a tendência temporal da precipitação pluvial com três séries temporais contínuas (1913-1951, 1952-1990, 1913-1990) em 17 localidades, incluindo Vacaria, e para a média de todo o estado do Rio Grande do Sul. Esses autores concluíram que, embora exista flutuação da precipitação em curtos períodos, no longo prazo o regime pluviométrico anual não mudou significativamente. Além disso, verificaram que, para as localidades de Vacaria, São Gabriel e Caxias do Sul, apenas no período de 1913 a 1951 houve tendência significativa de redução da precipitação pluvial. Enquanto isto, nas décadas de 1952 a 1990 houve incremento da precipitação.

Segundo Ávila *et al.* (1996) a probabilidade da evapotranspiração potencial superar a precipitação no período de dezembro a fevereiro é alta no Rio Grande

do Sul. Isso determina a alta frequência de déficit hídrico nesses três meses do ano, ocasionando redução do rendimento das culturas de primavera-verão.

Avaliando as frequências de ocorrência de precipitação diária, Conrado (1998) estimou as probabilidades de ocorrência de dias consecutivos com precipitação em cinco locais do RS (Bom Jesus, Iraí, Uruguaiana, Porto Alegre e Bagé), com dados de 1961 a 1996. Verificou que as frequências das chuvas diárias para o Rio Grande do Sul aumentam de sul para norte e de oeste para leste. Os maiores volumes de chuva situam-se na parte nordeste do Estado e os valores mínimos na parte sudoeste. No entanto, as maiores porcentagens de chuvas extremas ocorrem no oeste do Estado e as menores no nordeste.

A influência do evento La Niña nos regimes de precipitação e temperatura do ar, em Pelotas/RS, foi estudada por Diniz & Saldanha (1999), os quais observaram que, de 10 eventos estudados, 60% das precipitações mensais ficaram abaixo da normal e apenas 10% acima. Para a temperatura, 70% dos valores mensais ficaram abaixo da normal e 10% acima.

Analisando a precipitação pluvial do Rio Grande do Sul vários autores observaram que a maioria dos eventos El Niño coincide com maiores valores de precipitações pluviais e os eventos La Niña com menores precipitações, especialmente do período de primavera, nos meses de outubro e novembro (Fontana & Berlato, 1997; Puchalski, 2000; Berlato & Fontana, 2003).

Fontana & Almeida (2002) analisaram a variabilidade e a tendência temporal do número de dias com precipitação pluvial, na série de 1913 a 1998, proveniente de 32 estações. Verificaram tendência de incremento do número de dias com precipitação pluvial em todas as regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul, sendo que o incremento foi maior na primavera e verão. Também observaram que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) influencia o número

de dias com precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, sendo esse efeito maior durante os eventos El Niño e menor durante os eventos La Niña. A região nordeste do Estado é onde ocorrem os maiores efeitos associados ao fenômeno ENOS no número de dias com precipitação pluvial.

Estudo recente desenvolvido na América do Sul, envolvendo 24 pesquisadores de vários países, incluindo o Brasil, teve o objetivo de obter informações de tendências de precipitação pluvial média e também extrema de 54 estações meteorológicas da série 1960-2000 (Haylock *et al.*, 2006). Esses pesquisadores verificaram incremento da precipitação pluvial total e de seus índices derivados devido à alta frequência de eventos El Niño na segunda metade do século XX. O trabalho de Doyle & Barros (2006) também conclui que os eventos El Niño contribuíram para a tendência de aumento da precipitação pluvial no sudeste da América do Sul, no período 1960-1999.

Britto *et al.* (2006) estudaram a variabilidade mensal e sazonal do Rio Grande do Sul, identificando quatro sub-regiões com valores de pluviosidade total semelhantes. Verificaram que no inverno chove mais na sub-região do litoral e no centro-sul, devido ao sistema atmosférico frontal. Durante a primavera, chove mais na sub-região noroeste do Rio Grande do Sul, quando dominam os Complexos Convectivos de Mesoescala. No verão chove mais na sub-região nordeste do Estado, atingida por chuvas convectivas e associadas aos sistemas frontais.

Berlato *et al.* (2007) analisaram a tendência da precipitação pluvial anual e estacional do Rio Grande do Sul no período 1950-2002, relacionando-a com a temperatura da superfície do mar do Pacífico equatorial central. Os autores verificaram que houve aumento significativo da precipitação somente no total

anual e no outono, onde 100% das estações demonstraram aumento de precipitação.

Ao analisarem a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, Britto *et al.* (2008) verificaram que a metade Norte do Estado apresenta maiores volumes de precipitação que a metade Sul. Isto foi atribuído aos sistemas atmosféricos que atuam no Norte do Rio Grande do Sul associados com a topografia. Além disso, concluíram que a pluviosidade varia em escalas de tempo interanuais e anuais. Na escala de tempo interanual ocorre forte influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul sobre os valores máximos e mínimos de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul.

Ao analisarem as condições hídricas da região dos Campos de Cima da Serra no período de 1931 a 1991, Pereira *et al.* (2009) verificaram que os totais anuais da precipitação e sua distribuição ao longo do ano foram semelhantes nas três estações meteorológicas analisadas, sendo que os totais anuais foram superiores a 1.600mm. Os totais mensais médios de precipitação pluvial oscilaram entre 101 mm e 174 mm mensais, e o número de dias com precipitação pluvial variou de 9 (Lagoa Vermelha e Vacaria) a 16 dias (Bom Jesus). Os autores também observaram tendência significativa de aumento da precipitação no verão para a estação de Vacaria, enquanto para Bom Jesus e Lagoa Vermelha não foram observadas tendências significativas.

Analisando o período de 1950 a 2009, de 14 estações distribuídas no estado do Rio Grande do Sul, Cordeiro (2010) verificou forte tendência de aumento de precipitação pluvial no ano, no outono e na primavera. Essa tendência significativa ocorreu devido aos dados de precipitação da primavera de 2009, extremamente chuvosa, que inclinou a linha de tendência para cima no final

do período estudado. A primavera ficou registrada na história climática do Rio Grande do Sul como a estação de maior impacto do El Niño na precipitação pluvial. No entanto, quando Cordeiro (2010) analisou apenas os dados de precipitação do município de Bom Jesus, não verificou significância estatística tanto para o ano como para as estações.

2.3.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar elevada e o excesso de chuva em grande parte do ciclo da cultura aumentam a ocorrência de doenças nas plantas e nos frutos, principalmente a sarna da macieira (*Venturia inaequalis*). Nas regiões produtoras de maçãs, no Brasil, o período de setembro a dezembro apresenta condições propícias para a ocorrência da sarna e outras doenças fúngicas em função da elevada umidade do ar (Bonetti, *et al.*, 2006b).

A duração do período de molhamento, presença de água na forma líquida é de grande importância para epidemiologia de doenças de plantas, sendo fundamental em alguns processos como a infecção e a esporulação especialmente em doenças fúngicas (Sentelhas, 2004).

Alguns modelos empíricos baseiam-se em relações existentes entre a duração do molhamento foliar e variáveis meteorológicas, especialmente a umidade relativa do ar, sendo de aplicação restrita. De maneira geral considera-se que quando a UR medida a 1,5 m de altura estiver acima de 90 %, ocorre molhamento foliar. No entanto, em diversos casos, o molhamento foliar ocorre quando os valores de UR estão abaixo desse valor (Streck, 2006).

Durante os processos de polinização e fertilização de flores de macieira, alta umidade relativa do ar pode provocar a ruptura dos grãos de pólen pela absorção de água por osmose. Em condições de baixa umidade do ar pode haver

dessecamento das substâncias secretoras do estigma, impedindo ou dificultando a germinação dos grãos de pólen (Petri, 2006).

2.3.4 Vento e granizo

Os ventos em altas velocidades podem causar a quebra de ramos, queda de folhas e frutos, danos mecânicos em tecidos moles das plantas, entre outros. Na implantação da cultura da macieira o vento pode causar a quebra das mudas no ponto de enxertia, além de todos os demais danos comuns em plantas adultas. Durante o período de floração, o vento pode dificultar o trabalho de insetos polinizadores, como, por exemplo, das abelhas, diminuindo a polinização e, conseqüentemente, a frutificação (Nachtigal *et al.*, 2011).

Recomenda-se sempre a implantação de quebra-ventos, antes da instalação dos pomares, para diminuir os efeitos negativos dos ventos, sempre priorizando a direção dos ventos predominantes do local.

Outra preocupação está relacionada à ocorrência de granizo, que pode afetar a produção por danos em ramos e frutos. O dano provocado pelo granizo é variável, dependendo do tamanho das pedras, densidade por área, duração, velocidade de queda, idade das plantas e época de ocorrência (Mota, 1981; Berlato *et al.*, 2000).

Berlato *et al.* (2000) concluíram que as maiores incidências de granizo no RS ocorrem nas regiões de maior altitude e/ou continentalidade, com quatro ou mais granizadas por ano. Em Vacaria, a incidência de granizo supera 20% dos anos no período de agosto a dezembro, 40% dos anos em setembro e 15% dos anos em janeiro e fevereiro (Mota & Alves, 1990).

A sua ocorrência é devido às áreas de instabilidade que se formam no Paraguai e no Norte da Argentina, região do Chaco (Marcelino *et al.*, 2004). Essas

áreas de instabilidade se deslocam em direção ao Oceano Atlântico e promovem a formação de granizo na região produtora de maçãs.

O controle de granizo, através do uso de foguetes a base de nitrato de prata, foi utilizado sem sucesso, assim como de geradores de solo e outros. Além do seguro agrícola, uma alternativa que vem sendo utilizada é o emprego de telas de proteção sobre as filas de plantas (Nachtigal *et al.*, 2011). O uso de telas antigranizo tem aumentado nas regiões produtoras de maçã do Sul do Brasil, como alternativa para reduzir danos causados pelo granizo, apesar do elevado custo de implantação.

2.3.5 Temperatura do ar

Analisando cartas de desvios padrão das temperaturas médias mensais do ar no Rio Grande do Sul, em 40 estações meteorológicas do 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME), Buriol *et al.* (1974) observaram que a variação entre anos é menor que nas latitudes médias do continente norte-americano. Além disso, verificaram maior desvio padrão no inverno e menores no verão, e que esses desvios-padrão são mínimos na região costeira, médios no centro e máximos na parte mais continental do Estado.

Estefanel *et al.* (1978) analisaram a variabilidade e a probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar no Rio Grande do Sul, em 42 estações meteorológicas do 8º DISME, desde o ano de implantação das estações até o ano de 1973. Esses autores verificaram que as temperaturas mínimas absolutas mais baixas ocorreram em julho na maioria das estações, incluindo a estação de Vacaria com mínima absoluta no mês de julho de $-3,2^{\circ}\text{C}$. Além disso, observaram que não existe grande diferença entre as temperaturas mínimas absolutas observadas nos meses de maio, junho, agosto e setembro,

indicando que podem ocorrer temperaturas prejudiciais aos cultivos anuais em todo esse período.

Ao analisarem a variabilidade do clima no Rio Grande do Sul, através de repetições sazonais das anomalias de temperaturas máximas diárias, Gonçalves & Marcelino (1999) verificaram que há maior variabilidade da temperatura no inverno e grande influência marítima em áreas litorâneas.

Diniz *et al.* (2003) determinaram quatro regiões homogêneas no Rio Grande do Sul para as temperaturas máximas e mínimas, utilizando dados de 40 estações meteorológicas do 8° DISME, do período de 1913 a 1998. Para a temperatura máxima a estação de Vacaria pertence à região que engloba as estações de Veranópolis, Caxias do Sul, Farroupilha, São Francisco de Paula, Bom Jesus, Caçapava do Sul, Encruzilhada do Sul, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. No entanto, para a temperatura mínima a estação de Vacaria pertence a uma região que engloba menor número de estações (Veranópolis, Caxias do Sul, Farroupilha, São Francisco de Paula, Bom Jesus e Lagoa Vermelha). Os autores concluíram que a aproximação física dos locais não garante a similaridade climática entre estações meteorológicas, pois os fatores que mais influenciam são a estrutura topográfica, as variações latitudinais e longitudinais e a passagem de sistemas de massas de ar e frentes meteorológicas.

Visando estudar e conhecer a estrutura da climatologia das regiões homogêneas do Rio Grande do Sul, Araújo (2005) concluiu que a distribuição da temperatura média do trimestre janeiro, fevereiro e março não apresentam uma variabilidade espacial significativa, em comparação aos outros trimestres, pois nesta época do ano a frequência e a intensidade dos sistemas frontais é menor. Além disso, estudando os *tercís*, em mais de 60 anos, verificou que a região que envolve os municípios de São Borja, São Luiz Gonzaga, Santa Rosa, Iraí,

Taquari, Santa Cruz do Sul, Porto Alegre, Marcelino Ramos, Santo Ângelo, Uruguaiana, Ijuí, Cachoeira do Sul, São Gabriel, Santa Maria e Alegrete é a mais quente, e que a região que envolve os municípios de Vacaria, São Francisco de Paula e Bom Jesus é a mais fria do Estado.

Na região de Pelotas, Steinmetz *et al.* (2007) analisaram séries de temperaturas do ar máximas, mínimas e médias dos períodos de 1893-2006; 1893-1950; 1951-2006 e 1995-2006. Esses autores verificaram que o período 1995-2006 foi o que apresentou os valores médios mais elevados de temperaturas mínimas e médias do ar. Além disso, houve tendência de aumento das temperaturas do ar máxima, mínima e média em todos os períodos estudados, exceto para a temperatura máxima nos períodos 1893-2006 e 1893-1950. Os aumentos mais expressivos ocorreram com a temperatura mínima do ar nos períodos 1951-2006 e 1893-2006, com aumentos de 1,76°C e 1,11°C, respectivamente.

Em trabalho realizado por Marengo & Camargo (2008), com dados de 27 estações meteorológicas de 1960-2002 no sul do Brasil, analisou-se tendências de temperaturas máximas e mínimas, e da variação de temperatura diurna. Observaram-se tendências positivas nas temperaturas mínimas e máximas, sendo que as maiores tendências de aumento foram verificadas nas temperaturas mínimas do ar no inverno. Houve tendência negativa na variação de temperatura diurna, o que está relacionado ao aumento nas temperaturas mínimas.

Pereira *et al.* (2009) avaliaram as condições térmicas e hídricas da região dos Campos de Cima da Serra, no período de 1931 a 1991, com dados de estações meteorológicas dos municípios de Bom Jesus, Lagoa Vermelha e Vacaria. Esses autores verificaram que a temperatura média no verão variou de 19,7°C a 22,7°C e no inverno as variações foram de 11,8°C a 13,3°C. As

temperaturas máximas observadas ficaram entre 24,9°C a 27,2°C e as mínimas entre 6,4°C a 8,2°C, enquanto a temperatura média mensal variou de 11,4°C a 22,1°C. Verificaram, também, tendência de aumento significativo nas temperaturas mínimas anuais de 0,72°C para Vacaria, 0,48°C para Bom Jesus e 1,62°C para Lagoa Vermelha.

Utilizando períodos de estudo diferentes Berlato & Althaus (2010) e Cordeiro (2010) também verificaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar para a maioria das estações meteorológicas no Rio Grande do Sul. No entanto, Cordeiro (2010) não observou tendência significativa para a temperatura mínima em Bom Jesus, no período 1950 a 2009.

Utilizando análise de agrupamento para avaliar as temperaturas mínima e máxima, Machado *et al.* (2010) verificaram que as temperaturas mínima e máxima do ar na localidade de Bom Jesus são as mais baixas, em todos os trimestres do ano, em função de ser a região mais alta do Rio Grande do Sul.

Analisando a temperatura máxima da série de 1950 a 2009, para o Rio Grande do Sul, Cordeiro (2010) observou tendência positiva anual, no outono, no inverno e na primavera, sendo somente a última significativa a 5%, enquanto que no verão a tendência foi de redução. Para a estação de Bom Jesus as tendências foram as mesmas do Estado, porém sem significância estatística. Na temperatura média do ar, Cordeiro (2010) observou tendência de aumento na maioria dos locais para média anual, de primavera, verão e outono, à exceção do inverno, que não apresentou tendência significativa.

2.3.6 Horas de frio

Uma informação derivada da temperatura do ar, importante para a cultura da macieira, é resultante de cômputo de horas de frio diário, abaixo de

determinada temperatura. Na agricultura, a intensidade e a constância do frio hibernal se refletem na regularidade da produção das culturas que necessitam baixas temperaturas, como os cereais de inverno e frutíferas de clima temperado (Buriol *et al.*, 1974).

Segundo Damario & Pascale (1973), citados por Buriol *et al.* (1974), mesmo que os desvios padrão das temperaturas médias mensais não sejam muito elevados, a suavidade do inverno no hemisfério sul pode levar a um estado de carência de frio por qualquer elevação extemporânea da temperatura, que se traduz em anomalias fenológicas e menor produção.

Para que ocorram a brotação e floração, as gemas necessitam um determinado tempo a baixas temperaturas, e considera-se o somatório de horas de frio abaixo de 7,0°C de maio a agosto. Em função das limitações fisiológicas impostas pela falta de frio, tem-se a necessidade de quantificar o frio por duas razões: para definir o requerimento de frio de uma cultivar e para determinar a quantidade de frio disponível em um local específico.

A determinação das necessidades de frio de uma cultivar de macieira, no campo, é difícil, pois o ambiente pode determinar diferentes respostas das plantas. Na prática, uma das maneiras de verificar as necessidades de frio das diferentes cultivares, é observar as épocas de brotação e floração, pois, como regra geral, as cultivares que brotam e florescem mais cedo são menos exigentes em frio (Petri *et al.* 2006).

Segundo FAO (1996), a macieira necessita de 900 a 1.000 horas de frio (HF) acumuladas abaixo de 7,2°C, durante o período de dormência de inverno. Novas cultivares de macieira com menor exigência de frio, entre 300 e 400 HF (abaixo de 7°C), como Eva, Castel Gala, Princesa, Condessa, Baronesa, etc, tem

sido desenvolvidas, visando adaptação para as regiões marginais, com menor disponibilidade de frio.

A quantidade de horas de frio apresenta grande variabilidade na época de ocorrência, ao longo dos anos, dificultando sua estimativa, o que torna indispensável o monitoramento do frio todos os anos, no período de maio a setembro. O somatório de HF abaixo de 7°C de maio a agosto é utilizado como indicador padrão da disponibilidade de frio.

Na caracterização climatológica de número de horas de frio para Vacaria, disponível em IPAGRO (1989) e Matzenauer *et al.* (2005), do período de 1970 a 1971, o número médio de horas de frio (HF) abaixo de 7°C de maio-agosto é de 471 HF e de maio-setembro é de 536 HF. O número de horas de frio abaixo de 10°C foi de 982 de maio a agosto e 1129 de maio a setembro.

Matzenauer *et al.* (2005) avaliaram o número de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C para o período de 1956 a 2003, em 26 locais no RS. As localidades que apresentaram os maiores valores de horas de frio foram Vacaria e Erechim, na região do Planalto Superior – Serra do Nordeste, variando de 492 HF abaixo de 7°C a 960 HF abaixo de 10°C, de maio a agosto. Para o período de maio a setembro, os valores variaram de 558 HF abaixo de 7°C a 1.116 HF abaixo de 10°C.

As áreas produtoras de maçã, em Santa Catarina, estão localizadas nas maiores altitudes como em São Joaquim, Caçador, Fraiburgo, Videira, Urubici, entre outros municípios. No Brasil, São Joaquim é considerado o local que apresenta as melhores condições climáticas para o cultivo da macieira. Entretanto, não é correto afirmar que ele apresenta horas de frio suficientes para satisfazer as exigências das cultivares de alta necessidade, devido à sua variabilidade no tempo (Petri *et al.*, 1996).

Os meses junho-julho-agosto caracterizam o trimestre hibernal, no Estado de Santa Catarina. As condições de tempo deste período são influenciadas por sucessivas massas de ar polar, provenientes do continente antártico (Monteiro, 2001).

O mês de julho é o mais frio em Caçador, com temperatura média de 6,5°C, e apresenta uma média de 5,9 dias de geada, registrando também a maior ocorrência de neve.

Segundo o informativo técnico EPAGRI (2009) o número médio de horas de frio abaixo de 7°C do período de abril a agosto é de 732 HF para São Joaquim, 502 HF para Caçador e 449 HF para o município de Videira.

Em São Joaquim, nos anos de 2006 a 2009, o número de horas de frio abaixo de 7°C variou de 596, em 2008, a 859 em 2007, que são inferiores ao melhor ano da série, com total acumulado de 1.043 HF de maio a agosto (EPAGRI, 2009).

2.4 Modelos de relação clima-planta

2.4.1 Estimativas de acúmulo de frio

Métodos e modelos agrometeorológicos, biometeorológicos ou bioclimáticos nada mais são que estudos ou formas de análises qualitativas e quantitativas da ação dos elementos ambientais sobre o desenvolvimento vegetal. As condições que possuem influência decisiva no crescimento e desenvolvimento das plantas são: temperatura (do ar e do solo), fotoperiodismo, radiação solar e precipitação pluvial, disponibilidade de água no solo (Braga, 1995).

As dificuldades para determinar uma temperatura padrão para estimar o frio acumulado e as limitações do método de cálculo de horas de frio abaixo de

7,2°C fizeram com que fossem desenvolvidos modelos agrometeorológicos ou bioclimáticos para analisar qualitativa e quantitativamente a ação do ambiente sobre a fenologia das plantas.

O modelo de Horas de Frio Ponderadas, apresentado por Erez & Lavee (1971), estabeleceu que a temperatura mais adequada para acúmulo de frio fosse de 6°C e que a temperatura de 10°C corresponde a 0,5 unidade, para todas espécies e cultivares.

A partir dos estudos de Erez & Lavee (1971), Richardson *et al.* (1974) desenvolveram um método que atribui diferentes pesos às ações do frio em cada temperatura, propondo então o Método de Utah (*Utah chill-unit model*), para a cultura do pessegueiro. Esse modelo considera que temperaturas inferiores a 1,4°C e superiores a 12,5°C não são efetivas para a superação da dormência, sendo prejudiciais ao processo quando forem superiores a 16°C. Sendo assim, as temperaturas efetivamente funcionais estão situadas entre 1,5° e 12,4°C, com uma faixa ótima entre 2,5°C e 9,1°C. O balanço final de “unidades de frio” pode ser constantemente alterado, ora positivo e ora negativamente, de acordo com a disponibilidade térmica do local.

Shaltout & Unrath (1983) desenvolveram método semelhante ao de Utah, denominado Modelo Carolina do Norte, adaptado para cultivares de macieira. Este modelo possui uma curva de resposta mais suave entre a temperatura observada e o cômputo de “unidades de frio”. A faixa funcional está situada entre 1,6°C e 16,4°C, com pico máximo em 7,2°C. Temperaturas inferiores a 1,6°C não são efetivas e, a partir de 16,5°C, elas passam a anular os efeitos do frio de maneira progressiva até 23,3°C, permanecendo constante neste patamar, mesmo que ocorram valores superiores.

Ashcroft *et al.* (1977) desenvolveram um modelo estatístico para determinar unidades de frio e graus-dia acumulados em frutíferas caducifólias. Este modelo permite estimar o requerimento de frio e calor de uma cultivar através dos registros de temperaturas, relacionadas com a data de pleno florescimento. Os autores consideraram a teoria de que dois fatores determinam a floração: as unidades de frio necessárias para a superação da dormência e as unidades de calor após o término da dormência, até o pleno florescimento.

Em uma série de estudos, Ebert *et al.* (1986) adaptaram os modelos de Utah e Carolina do Norte para as condições do Sul do Brasil. Os autores modificaram os dois modelos, de forma que altas temperaturas resultassem em acumulação negativa de frio somente até 96 horas após a última unidade positiva de frio ter sido registrada. Desta forma, as unidades de frio acumuladas foram consideradas constantes até que novas unidades de frio positivas ocorressem. Os modelos foram correlacionados com a brotação da macieira em três locais, durante cinco anos. Para as condições do Planalto Catarinense as melhores correlações para datas e intensidade de brotação foram obtidas com o modelo Carolina do Norte Modificado (Petri *et al.*, 2006).

Conforme Braga (1995), o acúmulo de horas de frio abaixo de 7,2°C e de unidades de frio pelo Método Carolina do Norte, mostrou-se fator decisivo para a estimativa do período de floração, do início da colheita e para a previsão de rendimento da cultura da macieira, para as principais regiões produtoras de Santa Catarina.

Segundo Chariani & Stebbins (1994) citado por Botelho *et al.* (2006) as cultivares de macieira dos grupos 'Gala' e 'Fuji', necessitam de 1115 e 1040 unidade de frio calculadas pelo Modelo Carolina do Norte, respectivamente.

2.4.2 Estimativas de acúmulo de calor

Após a brotação, o crescimento da macieira é diretamente influenciado pelas condições térmicas do ambiente. Estudando diversas cultivares de espécies frutíferas, entre elas a macieira, Couvillon & Erez (1985) observaram que todas responderam ao frio prolongado, com redução do número de graus-dia requerido para a brotação. Na cultivar de macieira Gala, Pola *et al.* (1994) observaram que as unidades de frio acumuladas correlacionam-se negativamente com a necessidade de calor para a brotação.

Estudos nesta área foram iniciados por Réaumur, R. A. F. em 1730, citado por Braga (1995), o qual sugeriu que o somatório da temperatura média para uma etapa do desenvolvimento das plantas é constante, para cada espécie vegetal. Posteriormente, surgiu o conceito de graus-dia, também denominado de unidades térmicas, que considera a existência de uma temperatura base, abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer, é em escala muito reduzida (Berlato & Sutili, 1976).

Richardson *et al.* (1975) desenvolveram um novo modelo de estimativa do tempo de desenvolvimento das gemas, da saída de dormência ao pleno florescimento, avaliando o crescimento de pessegueiro em casa de vegetação através de “*Growing Degree Hours Celsius*” (GDH°C). As unidades de calor (GDH°C) são calculadas subtraindo-se 4,5 de cada temperatura horária entre 4,5°C e 25°C. As temperaturas acima de 25°C são consideradas como sendo 25°C e, então, o maior acúmulo para uma hora é de 20,5 GDH°C, não havendo acúmulo de calor em temperaturas iguais ou inferiores a 4,5°C. Esse estudo foi importante porque demonstrou que, embora o frio seja fundamental para a superação natural da dormência, nas demais etapas do desenvolvimento sua

disponibilidade deixa de ser importante, em detrimento do calor, o qual passa a ser o fator que rege o desenvolvimento das plantas.

Ometto (1981) apresentou as fórmulas para cálculo do somatório diário de graus-dia ou unidades térmicas, considerando as temperaturas basais: mínima (T_b) e máxima (TB). O valor da energia mínima, que aciona os dispositivos metabólicos da planta, foi chamado de temperatura basal mínima (T_b). Ou seja, somente estados energéticos acima deste limite são propícios ao crescimento e desenvolvimento do vegetal estudado. O nível energético máximo, acima do qual a planta estanca suas atividades metabólicas, foi chamado de temperatura máxima basal (TB), que compreende o limite superior de suporte energético para aquela planta.

O crescimento e desenvolvimento de frutos e outros órgãos de macieiras, como brotos, está positivamente relacionado a uma faixa de temperatura ótima entre 25 e 30°C. Temperaturas acima da faixa ótima podem prejudicar a fotossíntese, reduzir o crescimento da parte aérea e raízes, além da qualidade dos frutos. Por outro lado, temperaturas extremamente baixas, no período de crescimento, podem limitar o sucesso comercial em longo prazo, dependendo do estágio da planta (Iuchi, 2006).

Ortega-Farías *et al.* (2002) verificaram a existência de alta correlação entre o diâmetro de maçãs e o acúmulo de graus-dia, com coeficientes de determinação entre 0,91 e 0,94, sugerindo que é possível prever o tamanho de frutos com base em equações, levando-se em conta as condições específicas de manejo, solo e condições climáticas de cada local.

Putti & Petri (2002) verificaram relação inversa entre a quantidade de unidades de frio recebidas durante a dormência e o tempo médio para que ocorra brotação, mas sem correlação com graus-dia. Os autores observaram que maior

número de dias entre os estádios fenológicos correspondeu ao maior acúmulo de graus-dia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O município de Vacaria está situado na região ecoclimática da Encosta Superior - Serra do Nordeste, a nordeste do Rio Grande do Sul, sendo uma das regiões mais frias do Estado. O clima da região de Vacaria, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb - subtropical úmido de verões amenos. A região é caracterizada por invernos rigorosos, com ocorrência de geadas, e verão ameno, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e precipitações pluviiais anuais médias superiores a 1.630mm (Pereira *et al.* 2009). Os solos predominantes na região de Vacaria podem ser classificados como Latossolo Bruno distrófico típico. São solos profundos, bem drenados, com altos teores de argila, com acentuada acidez e baixa reserva de nutrientes para as plantas (Streck *et al.*, 2002).

3.2 Base de Dados Meteorológicos

O trabalho foi realizado utilizando-se uma base de dados meteorológicos proveniente da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV) - Estação Experimental de Fruticultura Temperada (EEFT), situada no município de Vacaria, RS, com as seguintes coordenadas: latitude 28°30'52,3''S, longitude 50°53'12,2'' e altitude de

969m. De uma estação meteorológica convencional foram utilizados dados diários de precipitação pluvial, temperatura do ar média, máxima e mínima, temperatura mínima de relva, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de frio abaixo de 7,0°C, do período de 1983 a 2009 (série de 27 anos).

Os dados foram obtidos em pluviômetros para precipitação pluvial, anemômetro de conchas totalizador para velocidade do vento e, em abrigo padrão de venezianas duplas, termômetros de máxima e mínima e termohigrógrafo para temperatura média e umidade relativa do ar. A temperatura mínima de relva foi medida com termômetro de mínima instalado a 5 cm acima do solo gramado.

Os dados foram comparados às normais climatológicas do município de Vacaria dos períodos 1931-1960 e 1961-1990, descritos na Tabela 1. Ambas as normais referem-se à média de parâmetros meteorológicos, segundo critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) obtidas em IPAGRO (1989) e Pereira *et al.* (2009).

O número de horas de frio abaixo de 7,0°C para o município de Vacaria utilizado para comparação neste estudo compreende o período de 1956 a 2003 conforme determinado por Matzenauer *et al.* (2005).

TABELA 1. Normais climatológicas de Vacaria, RS, 1931-1960 e 1961-1990.

MESES	Normal 1931-1960							Normal 1961-1990			
	RADIAÇÃO (MJ m ² dia ⁻¹)	PRECIPITAÇÃO (mm)	T MAX (°C)	T MIN (°C)	T MED (°C)	TM RELVA (°C)	UR MED (%)	PRECIPITAÇÃO (mm)	T MAX (°C)	T MIN (°C)	T MED (°C)
JAN	20,3	132	27,6	14,7	19,6	12,8	77	135	26,2	14,7	20,5
FEV	19,5	119	25,8	14,7	19,4	13,1	77	149	26,1	15,1	20,6
MAR	16,5	98	25,7	13,6	18,2	11,8	80	118	24,4	13,8	19,1
ABR	14,3	102	21,9	9,9	14,9	6,9	81	101	21,4	10,3	15,9
MAI	11,2	104	19,3	7,8	12,7	4,5	81	111	18,8	7,5	13,2
JUN	9,3	144	17,5	6,5	11,7	3,3	83	125	16,7	6,1	11,4
JUL	9,9	123	17,4	5,7	10,6	3,6	81	137	17	6,1	11,5
AGO	11,3	129	19	6,6	11,9	4,0	78	168	17,9	7	12,4
SET	14,0	148	20	8,5	13,3	5,7	79	165	19,2	8,6	13,9
OUT	17,3	132	22,4	10	15	8,1	79	163	21,4	10,2	15,8
NOV	18,3	76	24,6	11,3	17	9,5	73	121	23,5	11,9	17,7
DEZ	20,6	104	26,6	13	18,7	10,8	74	143	25,3	13,4	19,4
MED/TOT	15,2	1412	22,3	10,2	15,2	7,8	79	1635	21,5	10,4	15,9

Além dos dados diários, foram utilizados dados meteorológicos horários do período de 2001 a 2009, oriundos de sete estações meteorológicas automáticas Adacon Telemetry AddVantage 730, pertencentes a empresas da região que participam do programa SisAlert de Alerta Fitossanitário. As estações estão distribuídas da seguinte forma: uma na Estação Experimental de Fruticultura Temperada - Embrapa, uma na empresa Rubifruti, duas em áreas da empresa Schio, duas em áreas da empresa Rasip, uma na empresa Lazzeri, sendo que todas foram instaladas na bordadura de pomares de macieira (Figura 2) (Apêndice 1). Estas estações possuem sensores de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluvial e molhamento foliar, sendo que a última variável não foi utilizada neste estudo.

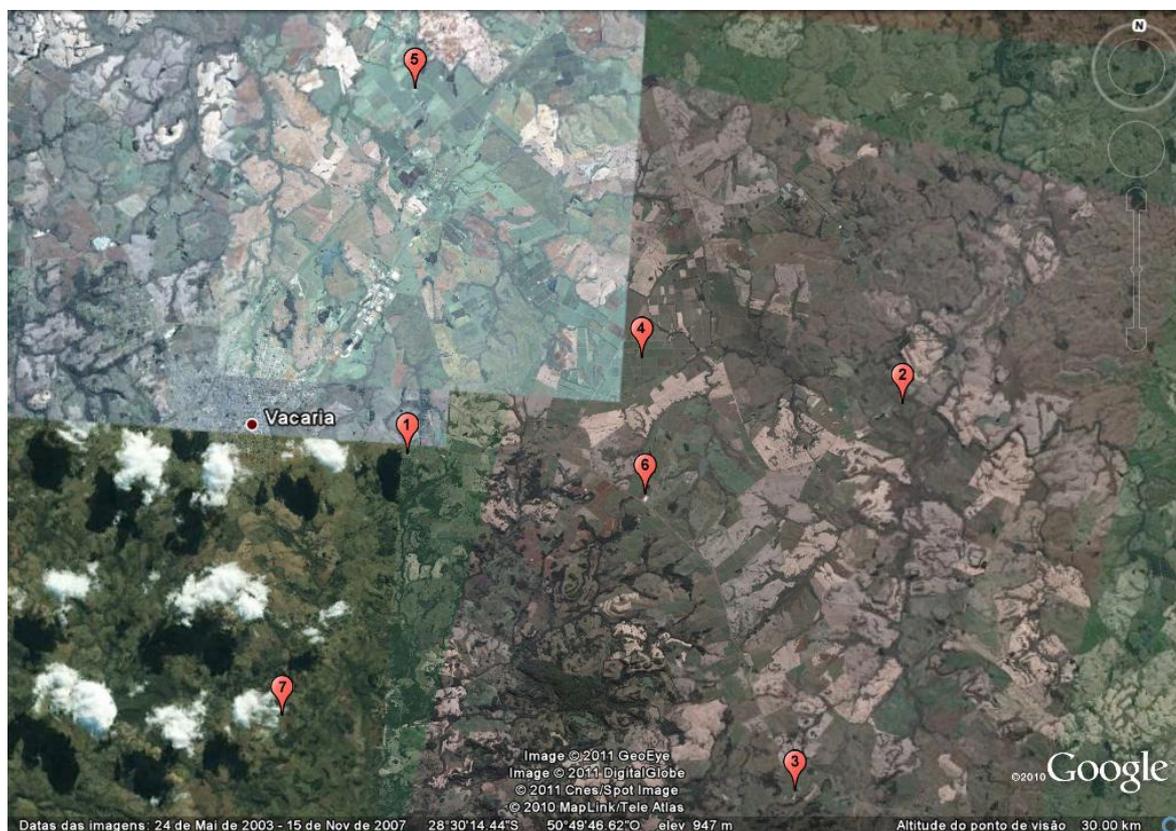


FIGURA 2. Imagem de satélite com localização das sete estações do SisAlert utilizadas no estudo. Vacaria, RS, Brasil. 2009-2010.

3.2.1 Análise de dados meteorológicos

Inicialmente, verificou-se a consistência dos dados diários através de análises visuais, para evitar erros de digitação ou “*outliers*”. Para todas variáveis analisadas foram calculadas as médias mensais, estacionais e anuais de todo o período, obtendo-se as médias dos 27 anos e comparando-as com as normais climatológicas mensais de 1931-1960, por análise de variância ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados de precipitação pluvial e temperatura do ar, máxima, mínima e média também foram comparados com a normal da região do período 1961-1990. As médias anuais e estacionais de todo o período foram analisadas quanto à tendência temporal, cuja significância foi testada pelo teste t (Student), ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Também foi aplicada à série 1983 a 2009 uma análise de distribuição de probabilidade empírica, através de diagramas de caixa (*box plot*). Este diagrama é uma técnica que permite uma análise exploratória dos dados. Considera toda a série dos dados, mostrando aspectos úteis à análise climatológica, como variabilidade, assimetria da distribuição, além de permitir estimativas de freqüência ou probabilidade empíricas. Por exemplo, o tamanho das caixas, que contém 50% dos dados, dá uma idéia da variabilidade dos dados. Quando a mediana coincide com a média aritmética a distribuição da variável é simétrica. Permite desde a visualização dos valores médios, bem como de valores extremos e de freqüência acumulada.

Além disso, foram calculadas as anomalias (diferenças) em relação às normais climatológicas para precipitação pluvial, temperatura média, máxima e mínima do ar, temperatura mínima de relva e umidade relativa do ar, apresentadas na forma de diagrama de caixa.

Efetuuou-se análise de correlação entre os dados diários de temperatura do ar da estação convencional da Embrapa e respectivos dados das estações automáticas do SisAlert, para o período de 2001 a 2009, bem como entre as estações do SisAlert. Também foram comparados os dados de umidade relativa do ar e precipitação pluvial entre as estações, para verificar similaridades e diferenças mesoclimáticas entre pomares. Os resultados deste estudo possibilitaram a utilização dos dados de temperatura horária de apenas uma estação, SisAlert 1 - localizada na Embrapa, que apresentou menor número de falhas. As falhas nos dados horários foram preenchidas por dados coletados nas outras estações do SisAlert ou através das médias dos valores anterior e posterior, quando as falhas não ultrapassavam 2 horas.

A partir de temperaturas horárias seqüenciais completas, foram calculadas as unidades de frio pelos modelos de Horas de Frio Ponderadas (Erez & Lavee, 1971), modelo de Utah (Richardson *et al.*, 1974) e modelo Carolina do Norte (Shalton & Unrath, 1983), descritos na Tabela 2.

TABELA 2. Estimativa de unidades de frio pelos modelos de Horas de Frio Ponderadas (Erez & Lavee, 1971), modelo de Utah (Richardson *et al.*, 1974) e modelo Carolina do Norte (Shalton & Unrath, 1983).

Modelo HF Ponderadas		Modelo de Utah		Modelo Carolina do Norte	
Temperatura (°C)	Unidade de Frio	Temperatura (°C)	Unidade de Frio	Temperatura (°C)	Unidade de Frio
3	0,9	≤ 1,4	0,0	<-1,1	0,0
6	1,0	1,5 a 2,4	0,5	1,6	0,5
8	0,9	2,5 a 9,1	1,0	7,2	1,0
10	0,5	9,2 a 12,4	0,5	13,0	0,5
		12,5 a 15,9	0,0	16,5	0,0
		16,0 a 18,0	-0,5	19,0	-0,5
		>18,0	-1,0	20,7	-1,0
				22,1	-1,5
				>23,3	-2,0

Adaptado de Petri *et al.* (2006).

Os modelos de Utah Modificado e Carolina do Norte Modificado foram calculados de forma que temperaturas acima de 19°C resultassem em acumulação negativa de frio, somente até 96 horas após a última unidade positiva de frio ter sido registrada. Desta forma, as unidades de frio acumuladas foram consideradas constantes até que novas unidades de frio positivas ocorressem, conforme descrito por Ebert *et al.* (1986). Esses cálculos foram realizados para os anos de 2001 a 2009, com exceção de 2007, que apresentou muitas falhas nos dados horários.

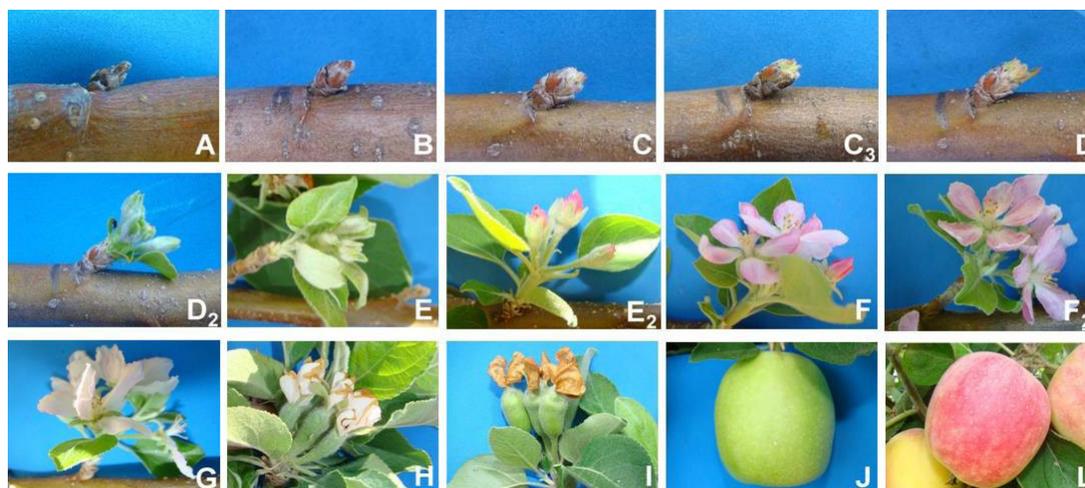
3.3 Base de Dados Fenológicos

A base de dados fenológicos foi composta de informações de empresas comerciais de macieira da região de Vacaria, das cultivares Royal Gala e Fuji Suprema, obtidos a partir de cadernos de campo do Sistema de Produção Integrada de Maçã – PIM, que segue normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. As cultivares Royal Gala e Fuji Suprema foram escolhidas por sua grande área de cultivo, pois são as duas principais cultivares dos respectivos grupos, na região de Vacaria.

As datas dos estádios fenológicos foram determinadas pelas empresas e anotadas em cadernos de campo, com base na escala fenológica da macieira (Figura 3). Os dados de fenologia se referem às safras de 2003/2004 a 2009/2010 para cultivares Royal Gala e Fuji Suprema.

Os dados fenológicos foram obtidos em cadernos de campo e compreendem as datas de tratamento de quebra de dormência e estádios de ponta verde (50% das gemas em C₃), plena flor (70% de flores abertas – F₂), queda de pétalas (70% de pétalas caídas – H) e início da colheita, sendo que este

equivale ao estágio de maturação. Também, foram anotadas as datas de algumas ações de manejo, como raleio (quando realizado) e término de colheita dos frutos.



Adaptado de Oliveira *et al.* (2010a).

FIGURA 3. Escala de fenologia da macieira 'Eva'.

A - gemas dormentes; B - gemas inchadas; C - pontas verdes; C3 - meia polegada verde; D - meia polegada verde sem folhas; D2 - meia polegada verde com folhas; E - botão verde; E2 - botão rosado; F - início da floração; F2 - plena floração; G - final da floração; H - queda de pétalas; I - frutificação efetiva; J - frutos verdes; L - frutos maduros.

Os pomares foram escolhidos visando-se obter condições semelhantes quanto a ano de plantio, sistema de condução e porta-enxerto. Foram coletados dados de seis pomares comerciais, em diferentes localizações da região de Vacaria (Figura 4), que foram denominados como local/ano, conforme a Tabela 3.

Os pomares selecionados foram implantados entre os anos de 1995 e 2000, à exceção de um local, onde o pomar havia sido implantado em 1989. O sistema de condução das plantas é em líder central, com apoio e espaçamento médio de 3,5m entre linhas e 1,0m entre plantas. Os pomares de 'Royal Gala'

selecionados foram implantados com porta-enxerto M-9, na maioria dos locais, à exceção de um pomar, onde foi utilizado M-7. No caso da cultivar 'Fuji Suprema' houve maior dificuldade de identificar o porta-enxerto mais utilizado, sendo que em três dos seis locais foi utilizado M-7, em dois foi M-9 e em um foi MM-116.

De maneira geral, os pomares receberam manejo semelhante, pois as empresas seguem as normas técnicas da PIM para todas as atividades, como recomendações de adubação, produtos fitossanitários (de uso permitido) e demais práticas de manejo.

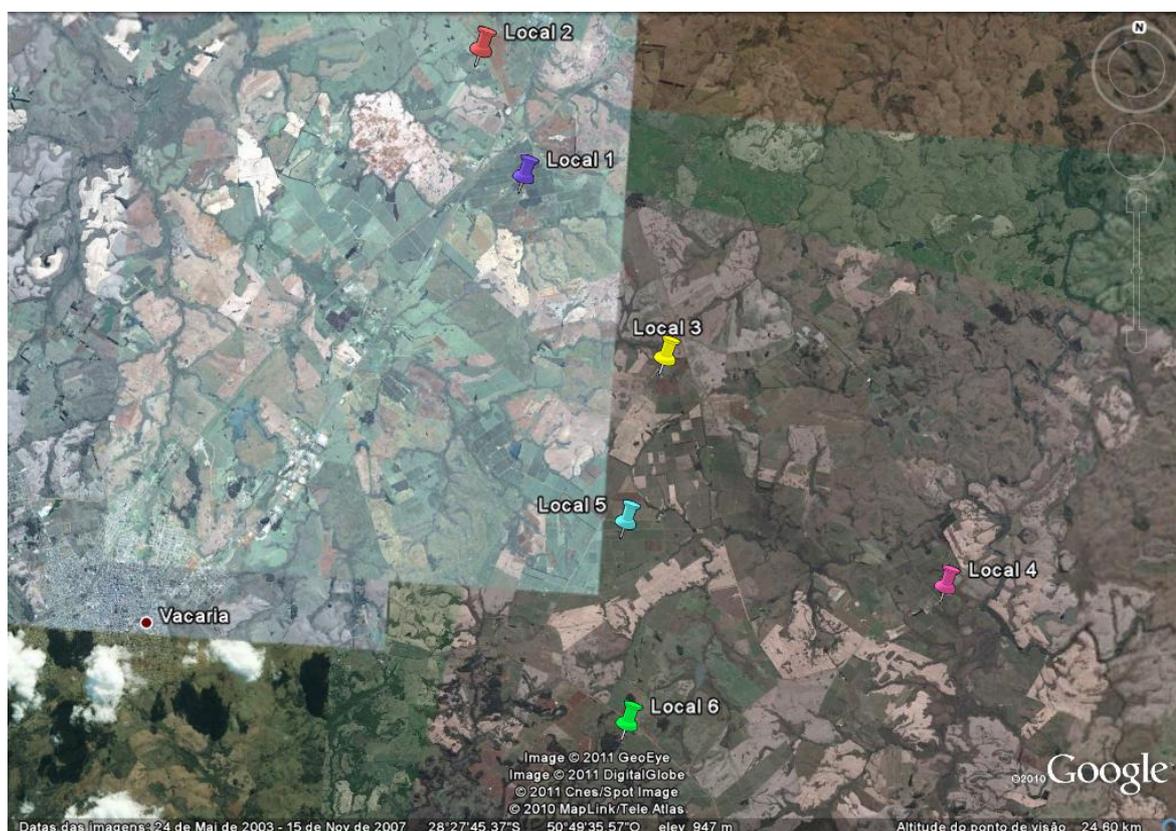


FIGURA 4. Localização das seis áreas utilizadas para obtenção da fenologia, em pomares de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema'. Vacaria, RS, Brasil. 2009-2010.

TABELA 3. Dados dos pomares com cultivares/porta-enxerto e local/ano utilizados. Vacaria, RS. Brasil. 2009–2010.

Denominação Local	Pomar Comercial	Cultivar/Porta-enxerto	Local/Ano	Cultivar/Porta-enxerto	Local/Ano
Local 1	Pomar Ferrovia	'Royal Gala'/M9 Ano plantio - 2000	Loc 1 03/04 G	'Fuji Suprema'/M9 Ano plantio - 2000	Loc 1 03/04 F
			Loc 1 04/05 G		Loc 1 04/05 F
			Loc 1 05/06 G		Loc 1 05/06 F
			Loc 1 06/07 G		Loc 1 06/07 F
			Loc 1 07/08 G		Loc 1 07/08 F
			Loc 1 08/09 G		Loc 1 08/09 F
			Loc 1 09/10 G		Loc 1 09/10 F
Local 2	Pomar Ferrovia II	'Royal Gala'/M7 Ano plantio - 1989	Loc 2 03/04 G	'Fuji Suprema'/M7 Ano plantio - 1989	Loc 2 03/04 F
			Loc 2 04/05 G		Loc 2 04/05 F
			Loc 2 05/06 G		Loc 2 05/06 F
			Loc 2 06/07 G		Loc 2 06/07 F
			Loc 2 07/08 G		Loc 2 07/08 F
			Loc 2 08/09 G		Loc 2 08/09 F
Local 3	Pomar Várzea	'Royal Gala'/M9 Ano plantio - 1999	Loc 3 03/04 G	'Fuji Suprema'/MM-116 Ano plantio - 1995/1997/2000	Loc 3 03/04 F
			Loc 3 04/05 G		Loc 3 04/05 F
			Loc 3 05/06 G		Loc 3 05/06 F
			Loc 3 06/07 G		Loc 3 06/07 F
			Loc 3 07/08 G		Loc 3 07/08 F
			Loc 3 08/09 G		Loc 3 08/09 F
Local 4	Pomar Santana	'Royal Gala'/M9 Ano plantio - 1999	Loc 3 09/10 G	'Fuji Suprema'/M9 Ano plantio - 1999	Loc 3 09/10 F
			Loc 4 03/04 G		Loc 4 03/04 F
			Loc 4 04/05 G		Loc 4 04/05 F
			Loc 4 05/06 G		Loc 4 05/06 F
			Loc 4 06/07 G		Loc 4 06/07 F
			Loc 4 07/08 G		Loc 4 07/08 F
Local 5	Pomar Nova Escócia I	'Royal Gala'/M9 Ano plantio - 1998/2001/2002	Loc 4 08/09 G	'Fuji Suprema'/M7 Ano plantio - 1998	Loc 4 08/09 F
			Loc 4 09/10 G		Loc 4 09/10 F
			Loc 5 03/04 G		Loc 5 03/04 F
			Loc 5 04/05 G		Loc 5 04/05 F
			Loc 5 05/06 G		Loc 5 05/06 F
			Loc 5 06/07 G		Loc 5 06/07 F
Local 6	Pomar Nova Escócia II	'Royal Gala'/M9 Ano plantio - 1996	Loc 5 07/08 G	'Fuji Suprema'/M7 Ano plantio - 1996	Loc 5 07/08 F
			Loc 5 08/09 G		Loc 5 08/09 F
			Loc 5 09/10 G		Loc 5 09/10 F
			Loc 6 03/04 G		Loc 6 03/04 F
			Loc 6 04/05 G		Loc 6 04/05 F
			Loc 6 05/06 G		Loc 6 05/06 F
Local 6	Pomar Nova Escócia II	'Royal Gala'/M9 Ano plantio - 1996	Loc 6 06/07 G	'Fuji Suprema'/M7 Ano plantio - 1996	Loc 6 06/07 F
			Loc 6 07/08 G		Loc 6 07/08 F
			Loc 6 08/09 G		Loc 6 08/09 F
			Loc 6 09/10 G		Loc 6 09/10 F

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

A adubação na implantação dos pomares foi realizada com a correção de acidez para pH 6,0 com aplicação de calcário (de 15 a 20 Mg.ha⁻¹) e correção mineral de N-P-K e micronutrientes, como boro e zinco, conforme recomendação da análise de solo. Durante o ciclo produtivo, e em função da carga produtiva das plantas, foram realizadas adubações com nitrogênio, fósforo e potássio, além de aplicações de cálcio foliar, de outubro à colheita, com 10 a 15 aplicações por safra, variando para as cultivares dos grupos 'Gala' e 'Fuji'.

Os principais tratamentos culturais foram o controle de plantas daninhas, com roçadas nas entrelinhas e aplicação de herbicida nas linhas de plantas. Foram realizadas podas de inverno para limpeza das plantas e arqueamento de ramos, para estimular a quebra de dormência das gemas e, conseqüentemente, a produção.

O tratamento de quebra de dormência foi realizado todos os anos, em função da variabilidade na disponibilidade de frio durante o inverno. A época de aplicação do produto de quebra de dormência mais comumente utilizado, a mistura de cianamida hidrogenada (CH), conhecido comercialmente como Dormex, mais o óleo mineral (OM), foi determinada em função do acúmulo de horas de frio abaixo de 7,0°C, de maio a agosto. A aplicação do tratamento de quebra de dormência se deu, na maioria dos anos entre 24/08 e 6/09, em torno do estágio de ponta de prata. Estas datas não são antecipadas, pelo risco de ocorrência de geadas tardias, as quais podem comprometer as plantas em início de brotação. As concentrações de cianamida hidrogenada utilizadas nos pomares variam de 1,5 a 2,5% mais 4% de OM, sendo que maiores concentrações foram utilizadas em pomares com maior vigor vegetativo.

A carga média de frutos foi determinada em função da capacidade produtiva das plantas, sendo considerada ideal uma produção de 40 a 50 Mg.ha⁻¹

de frutos. A capacidade produtiva varia com a fertilidade das gemas, e foi avaliada antes da poda de inverno e durante o florescimento, no momento da polinização e “pegamento” dos frutinhos.

A carga final de frutos foi definida por ocasião do raleio, em função da capacidade de produção das plantas e da área foliar disponível para suprimento fotossintético dos frutos, deixando-se de 1 a 3 frutos por gema. O raleio foi realizado com ácido naftalenoacético (ANA), aplicados no estágio de frutificação efetiva, ou de forma manual, no estágio de frutos verdes, conforme a disponibilidade de mão-de-obra das empresas.

A colheita foi realizada manualmente, geralmente de forma escalonada em duas ou três colheitas por área, quando alguns parâmetros eram atingidos, tais como a degradação do amido em açúcares, mudança da cor de fundo da epiderme e teores de acidez variando de 12 a 14 °brix para grupo ‘Gala’ e ‘Fuji’, respectivamente. Nas safras 2008/2009 e 2009/2010 foram aplicados em alguns pomares o produto inibidor de etileno para retardar a maturação dos frutos e conseqüentemente a colheita.

3.3.1 Análise de dados fenológicos

Os dados de fenologia foram compilados dos cadernos de campo das empresas, compreendendo as datas de ponta verde, plena flor, queda de pétalas e ações de manejo para quebra de dormência, raleio e colheita.

Os dados foram tabulados e comparados entre si, sempre a contar da data do tratamento de quebra de dormência de cada local/ano, na forma de diferença em dias e somatório de graus-dia, visando caracterizar a fenologia média da região para as cultivares ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’.

O somatório de graus-dia (GD) foi calculado utilizando-se os dados da estação convencional, localizada na Embrapa, uma vez que esses apresentaram boa correlação com os dados das estações automáticas e que os dados diários das estações automáticas possuíam falhas. Além disso, nem todos os pomares estudados possuíam estações de monitoramento microclimático em suas áreas, sendo necessária a escolha de dados meteorológicos de uma estação próxima.

Os graus-dia foram calculados para cada ano da quebra de dormência até o início da colheita para as cultivares 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' para as safras de 2003/2004 a 2009/2010, segundo equações propostas por Vila Nova *et al.* (1972):

$$GD_{acm} = (T_m - T_b) + (T_M - T_m)/2, \text{ para } T_m > T_b$$

$$GD_{acm} = (T_M - T_b)^2 / 2(T_M - T_m), \text{ para } T_m < T_b$$

$$GD_{acm} = 0, \text{ para } T_b > T_M$$

sendo GD_{acm} : graus-dia acumulados a partir do tratamento de quebra de dormência, T_M a temperatura máxima diária ($^{\circ}C$), T_m a temperatura mínima diária ($^{\circ}C$), e T_b a temperatura base inferior ($^{\circ}C$). Considerou-se como temperatura base inferior $4,5^{\circ}C$, que é a temperatura necessária para o desenvolvimento de gemas de frutíferas temperadas, segundo Richardson *et al.* (1975).

3.4 Modelos de estimativa de fases fenológicas

Dados de fenologia e parâmetros meteorológicos foram submetidos a análises de regressão, para o ajuste de modelos de relação clima-planta visando estimar a ocorrência das principais fases fenológicas da macieira em nível de macro-região.

Dados de fenologia observados dos locais e anos foram previamente selecionados de forma sistemática, em ordem cronológica, visando obter pelo

menos um ano de fenologia de cada local para realização dos testes dos modelos com dados independentes, não sendo estes incluídos na geração dos mesmos.

Para modelos de estimativa da data de brotação foram correlacionados os dias para início de brotação (ponta verde) a partir de 1º de maio e estimativas de acúmulo de frio pelos diferentes métodos de cálculo. Para estimativa de cada estágio fenológico, no período vegetativo, foram ajustados modelos a partir de uma ou mais variáveis meteorológicas: temperatura máxima, média e mínima e graus-dia acumulados. Para estimativa do estágio de ponta verde também foi incluída no modelo a disponibilidade de frio.

A seleção das variáveis independentes foi feita a partir da correlação entre cada uma delas e a variável dependente, ou seja, o número de dias para cada estágio. As variáveis incluídas nos modelos foram as que apresentaram as melhores correlações (acima de 0,7) e que melhoravam os modelos até coeficientes de 0,9 ou superiores.

Foram selecionados os modelos cujas variáveis apresentaram maior nível de significância estatística, através do método “*step wise*” (passo a passo) do programa BioEstat 5.0. Todos os modelos e seus coeficientes foram testados pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Posteriormente, os modelos selecionados foram testados com dados observados em locais e anos independentes, selecionados ao acaso, dentro de toda abrangência espacial e temporal da série disponível. Os valores ajustados foram comparados com dados observados através do teste t ao nível de 5% de probabilidade de erro e pelo coeficiente de regressão linear (relação 1:1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização climática da região produtora de Vacaria, RS

As médias climatológicas mensais de 1983 a 2009 são apresentadas na Tabela 4 e as médias e totais anuais encontram-se no Apêndice 2. As variáveis analisadas foram precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e média do ar, temperatura mínima sobre relva, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de frio abaixo de 7,0° C.

A precipitação média mensal do período variou de 115 mm em março a 203 mm em setembro. A média anual do período foi de aproximadamente 1.900 mm. Entre anos, os valores máximos ocorreram em 1997 e 2007, com mais de 2.300 mm anuais, enquanto a menor precipitação ocorreu no ano de 1994, com 1.198 mm anuais (Apêndice 2).

Analisando uma série de 1931 a 1990 das estações meteorológicas de Lagoa Vermelha, Bom Jesus e Vacaria, Pereira *et al.* (2009) observaram que os totais mensais médios de precipitação pluvial oscilaram entre 101 mm e 174 mm mensais, e o número de dias mensal com precipitação pluvial variou de 9 (Lagoa Vermelha e Vacaria) a 16 dias (Bom Jesus).

A temperatura média da região foi de 16,2°C. Julho é o mês mais frio, com média de 11,2°C, e janeiro é o mês mais quente, com média de 20,6°C. As médias anuais das temperaturas máximas e mínimas do período foram de 21,9 e 10,3°C, com mínima de 5,4°C no mês de julho e máxima de 26,7°C em janeiro.

Também para a região dos Campos de Cima da Serra, Pereira *et al.* (2009) observaram que julho é o mês mais frio e janeiro é o mês mais quente, com temperatura média mensal variando de 11,4°C a 22,1°C, respectivamente.

A média da umidade relativa do ar foi de 80,5% com variação de 77 a 83%. A velocidade média do vento na região foi de 2,5 m s⁻¹, com variação de 0,2 m s⁻¹. O número de horas de frio (HF) abaixo de 7,0°C acumulado, na estação fria, foi de aproximadamente 800 HF, com maiores acúmulos médios no mês de julho, de 204 HF (Tabela 4). O ano de 1989 apresentou maior acúmulo de frio, com 913 HF, sendo que o menor acumulado, 430 HF, ocorreu em 2005.

TABELA 4. Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e média, temperatura de relva, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de frio abaixo de 7,0°C do período de 1983 a 2009. Vacaria, RS.

	PRECIPITAÇÃO	T MAX	T MIN	T MED	T MIN RELVA	UR MED	VENTO	HORAS FRIO
MESES	(mm mês ⁻¹)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(m s ⁻¹)	(n° Horas)
JAN	164	26,7	14,9	20,6	13,2	81	2,3	0
FEV	158	26,1	14,7	20,3	13,0	82	2,2	0
MAR	115	25,4	13,9	19,7	12,3	81	2,2	0
ABR	142	22,3	11,1	16,8	9,2	82	2,3	25
MAI	159	18,5	7,3	13,2	5,2	83	2,3	121
JUN	142	17,0	6,0	11,7	4,4	83	2,5	185
JUL	190	16,6	5,4	11,2	3,0	82	2,7	204
AGO	128	18,8	6,5	12,9	4,6	78	2,7	149
SET	203	19,2	7,7	13,7	6,2	80	2,9	100
OUT	200	22,1	10,7	16,4	9,1	80	2,7	24
NOV	142	24,2	12,0	18,2	10,1	78	2,6	0
DEZ	155	26,2	13,6	20,0	11,8	77	2,4	0
MED/TOT	158	21,9	10,3	16,2	8,5	80,5	2,5	809
DESVPAD	28	3,8	3,6	3,6	3,7	2	0,2	71

Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

As médias mensais de temperatura máxima, mínima e média do ar, temperatura mínima de relva, umidade relativa do ar e número de horas de frio abaixo de 7,0°C do período 1983-2009 não diferiram das normais climatológicas 1931-1960 e 1961-1990. A velocidade do vento não foi comparada devido à inexistência dessa variável nas normais climatológicas de Vacaria (Tabela 1).

4.1.1 Precipitação pluvial

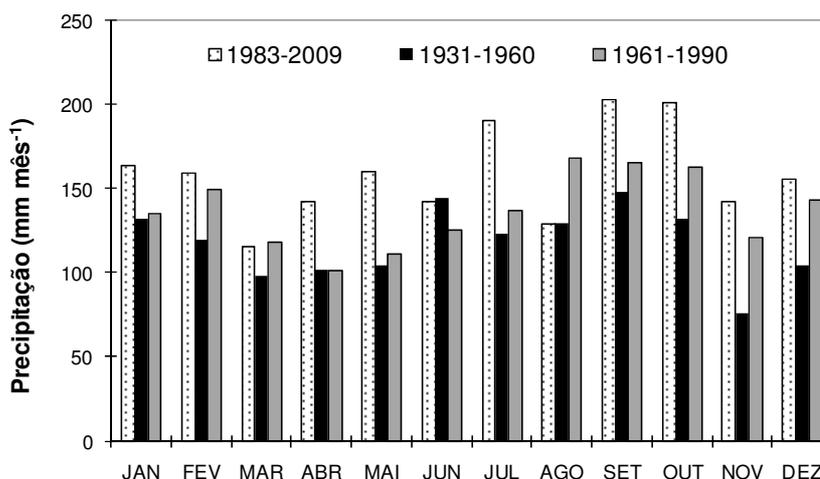
A precipitação pluvial foi a única variável que apresentou diferenças significativas na comparação de médias do período 1983-2009 com as normais climatológicas, com aumento médio de 479 mm na comparação com 1931-1960, enquanto que na comparação com a normal 1961-1990 o aumento foi de 256 mm anual (Figura 5).

Em relação à normal 1931-1960, a maioria dos meses apresentou precipitação média acima da normal, com exceção de junho e agosto, que tiveram médias semelhantes às normais. Os meses que apresentaram maiores incrementos de precipitação foram julho, com 190 mm, setembro e outubro, que atingiram média de 200 mm, enquanto setembro foi o mês mais chuvoso nas normais 1931-1960. Março teve a menor média dos 27 anos, com 115 mm, enquanto a precipitação normal do mês é de 98 mm. Em novembro, que apresenta a menor precipitação normal (76 mm), verificou-se um aumento de 87%, com média de 142 mm no período 1983-2009 (Figura 5).

As médias de precipitação do período 1983-2009 foram maiores que a normal 1961-1990 na maioria dos meses, à exceção de março, que foi idêntica, e agosto, que apresentou redução de 40 mm. Nesta comparação, os maiores aumentos na precipitação se deram nos meses de abril, maio e setembro, com aproximadamente 40 mm, e outubro, que apresentou o maior aumento, com 68

mm em relação a 1961-1990 (Figura 5). Menores diferenças de precipitação foram observadas na comparação entre os 27 anos e a normal 1931-1960, que apresentou aumento de 225 mm no total anual, demonstrando que houve aumento na precipitação pluvial total anual a partir da década de 1960.

Estes resultados são compatíveis com artigos anteriores, que compararam as duas normais climatológicas citadas. Estudando as duas séries de normais climatológicas padrão, dos períodos de 1931-1960 e 1961-1990 para todo o Rio Grande do Sul, Ávila (1994) observou acréscimo de mais de 100 mm na precipitação pluvial de algumas regiões, com aumentos superiores a 250 mm na região noroeste do Estado.



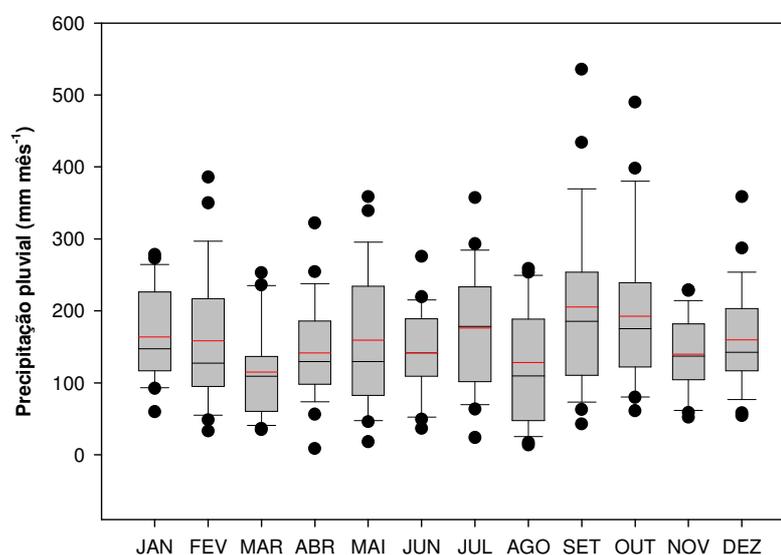
Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 5. Médias mensais de precipitação pluvial de 1983 a 2009 e médias climatológicas de precipitação pluvial de 1931-1960 e 1961-1990, Vacaria, RS.

O cultivo da macieira no sul do Brasil é realizado em regiões onde as condições normais de precipitação são superiores às necessidades da cultura. O aumento de volumes de precipitação, especialmente nos meses de primavera,

pode ser muito prejudicial à cultura da macieira, pois períodos chuvosos favorecem a liberação de esporos de fungos importantes, como o *Venturia inaequalis*, causador da sarna da macieira (Boneti *et al.*, 2006).

A Figura 6 mostra a distribuição ou probabilidade empírica (diagrama de caixa) da precipitação pluviométrica em Vacaria, RS, ao longo do ano. Observa-se que a menor variabilidade na precipitação ocorre em novembro, representada pelo menor tamanho da caixa e menor amplitude entre valores extremos.



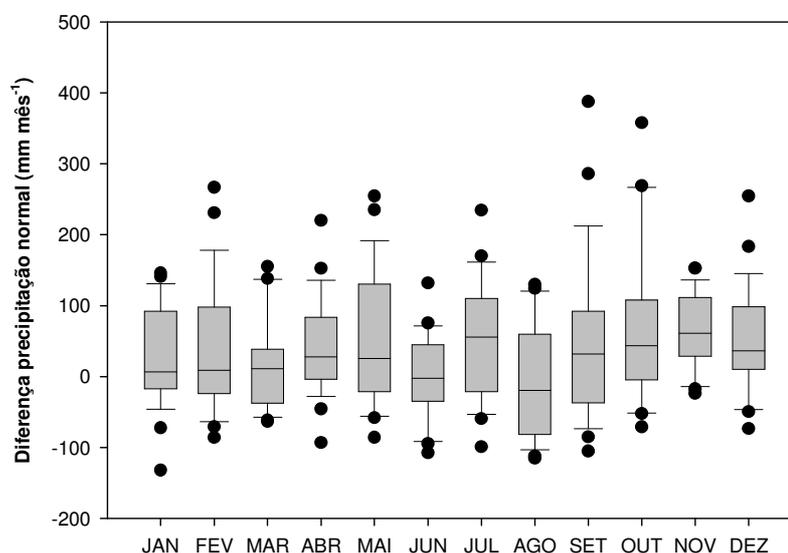
Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 6. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) para precipitação pluviométrica mensal do período 1983-2009, Vacaria, RS. As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha vermelha); os extremos das caixas são os percentis 25 e 75; as barras representam os percentis 10 e 90; os círculos cheios são os valores extremos.

Os meses de fevereiro, maio, setembro e outubro apresentam maior variabilidade, com probabilidade de 10% dos valores de precipitação estarem acima de 300 mm. Setembro e outubro apresentam as maiores variabilidades, com valores máximos ultrapassando 400 mm. Maio e agosto apresentam mais de 50% de probabilidade de precipitação inferior a 100 mm. O restante dos meses do

ano apresenta variabilidade menor, com 75% dos valores abaixo de 200 mm (Figura 6).

Na Figura 7 são apresentadas as anomalias entre a precipitação pluvial anual do período avaliado (1983-2009) e as normais climatológicas mensais (1931-1960), considerando todos os dados em diagrama de caixa. Novamente, observa-se que o mês de novembro teve a menor variabilidade em relação à normal do mês. Janeiro, fevereiro, maio, julho, outubro, novembro e dezembro apresentam 75% das anomalias com 100 mm abaixo das normais. Durante o período 1983-2009 as maiores diferenças ocorreram em setembro e outubro, com 10% das anomalias iguais ou superiores a 200 mm, acima das normais. Por outro lado, junho e agosto tiveram mais de 50% dos anos com precipitação inferior às respectivas normais climatológicas.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 7. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da diferença entre a precipitação pluvial mensal do período 1983-2009 e as normais 1931-1960, Vacaria, RS.

A linha horizontal no interior das caixas representa o percentil 50 (mediana); os extremos das caixas são os percentis 25 e 75; as barras representam os percentis 10 e 90; os círculos cheios são os valores extremos.

A alta variabilidade nos valores de precipitação pluvial, especialmente em setembro e outubro é mais preocupante, uma vez que podem influenciar negativamente os processos de floração e polinização, por diminuir a atividade de polinizadores, e aumentar a ocorrência de doenças fúngicas.

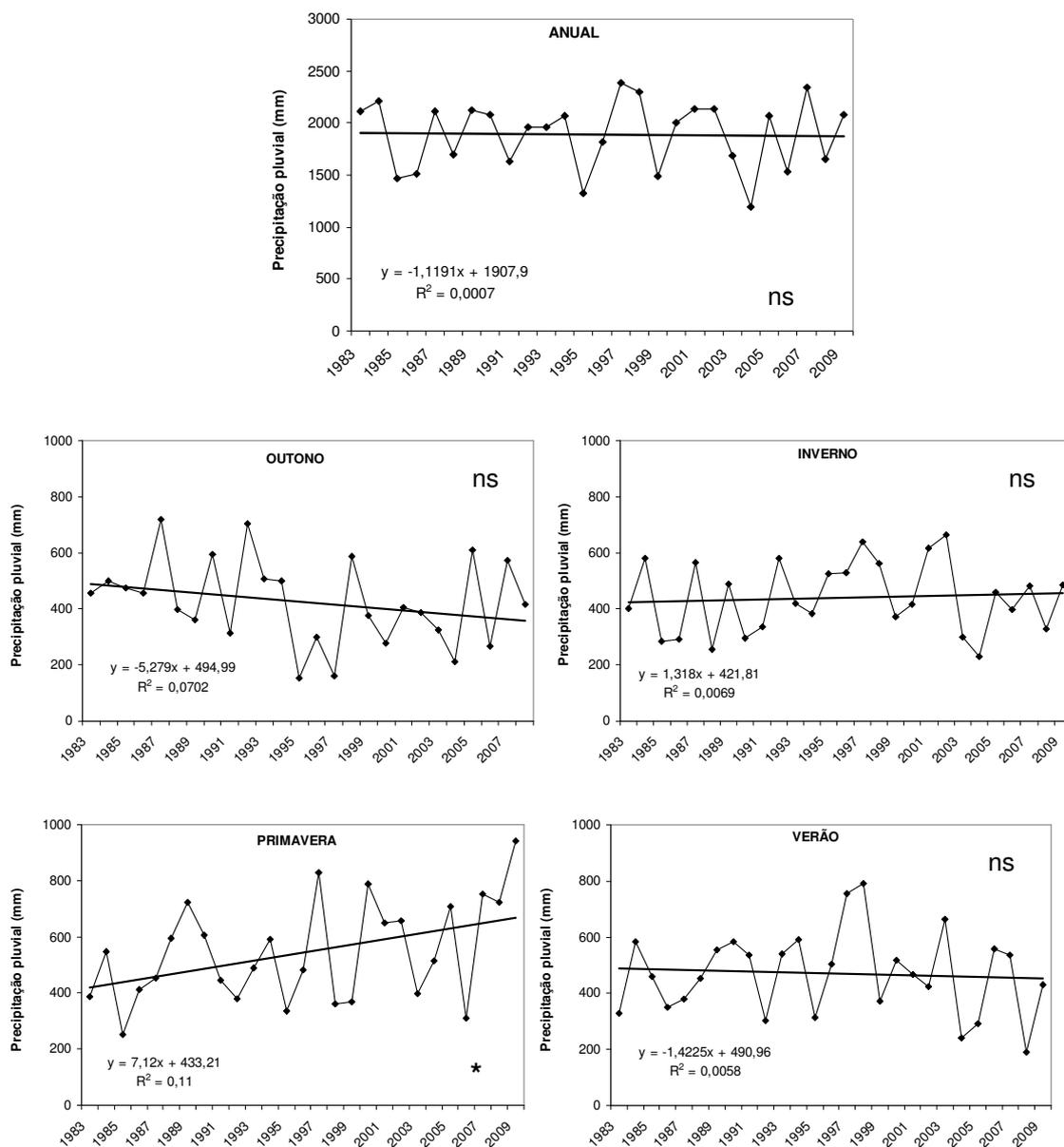
Pela Figura 8 observa-se que houve tendência significativa para aumento da precipitação pluvial na primavera, com aumento de 195 mm nos totais da estação, de 1983 a 2009. Em setembro de 2009 a precipitação em Vacaria ultrapassou 500 mm, possivelmente influenciando a inclinação da equação de ajuste de tendência para aumento significativo. Para as demais estações do ano e para o total anual de precipitação pluvial não se verificou tendência significativa de variação no período analisado.

No inverno houve um incremento de precipitação de 35 mm, que não teve significância estatística. Para outono e verão verificaram-se reduções não significativas de 38 e 143 mm, respectivamente. No total anual de precipitação pluvial observou-se pequeno decréscimo de 30 mm, também sem significância estatística.

Analisando a tendência temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, do período de 1950 a 2002, Berlato *et al.* (2007) encontraram significância estatística de aumento da precipitação somente no total anual e no outono, sendo que 100% das estações demonstraram aumento significativo. No entanto, Pereira *et al.* (2009) observaram tendência significativa de aumento da precipitação pluvial somente no verão para a estação de Vacaria, enquanto para Bom Jesus e Lagoa Vermelha não foram observadas tendências significativas.

Estudos recentes para a América do Sul, especialmente no sudeste do continente, que inclui o sul do Brasil, demonstraram incrementos de precipitação

pluvial, especialmente na segunda metade do século XX (Haylock *et al.*, 2006; Doyle & Barros, 2006).



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 8. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional do período de 1983-2009. Vacaria, RS.
 (* significativo a 5%; NS: não significativo).

Quanto à precipitação pluvial no Rio Grande do Sul observa-se que a maioria dos eventos El Niño coincide com maiores valores de precipitações pluviais, enquanto que os eventos La Niña correspondem a menores precipitações, especialmente no período de primavera-verão e nos meses de outubro e novembro (Fontana & Berlato, 1997; Puchalski, 2000; Berlato & Fontana, 2003).

Estudando uma série de 1913 a 1998, proveniente de 32 estações meteorológicas, Fontana & Almeida (2002) verificaram tendência de incremento do número de dias com precipitação pluvial em todas as regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul, sendo que o incremento foi maior no período de primavera-verão. Observaram, também, que a região nordeste do Estado é onde se verificam os maiores efeitos associados ao fenômeno El Niño e La Niña, com maior número de dias com precipitação pluvial durante os eventos El Niño e menor durante os eventos La Niña.

Analisando o período de 1950 a 2009, a partir de 14 estações distribuídas no Rio Grande do Sul, Cordeiro (2010) verificou tendência linear significativa de aumento da precipitação pluvial para o ano, outono e primavera, considerando a média do Estado. Segundo o autor a significância no período se deve à primavera de 2009, que ficou registrada na história climática do Rio Grande do Sul como sendo a estação de maior impacto do fenômeno El Niño sobre a precipitação pluvial.

Analisando apenas a estação de Bom Jesus, Cordeiro (2010) não verificou significância estatística tanto para o ano como para as estações, embora com sinal positivo (de aumento de precipitação) na primavera, inverno, verão e ano e sinal negativo (decréscimo de precipitação) no outono.

Os estudos de tendências temporais são importantes na avaliação de eventos passados, pois se baseiam em séries específicas de dados. Porém, não se deve considerar tendência temporal como prognóstico ou tendências futuras. Além disso, os coeficientes de inclinação das retas e os coeficientes de determinação dependem do número de anos observados.

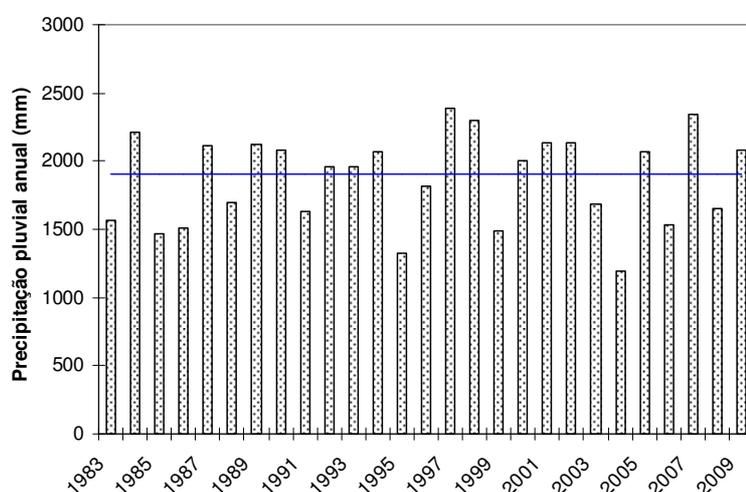
Entre os critérios de zoneamento da cultura da macieira (Westphalen & Maluf, 1979) a precipitação pluvial foi considerada como fator limitante, especialmente devido a riscos por incidência de doenças e perdas na eficiência de tratamentos fitossanitários. Nas regiões consideradas preferenciais ao cultivo no Rio Grande do Sul, a precipitação pluviométrica anual não deve ultrapassar 1.900 mm, embora esse índice seja considerado elevado. Segundo FAO (1996), as precipitações pluviais mínimas e máximas consideradas mais adequadas para a cultura da maçã foram delimitadas entre 700 a 2.500 mm/ano, respectivamente. No entanto, a macieira possui sensibilidade ao déficit de água no solo, especialmente, no período de crescimento dos frutos, que pode resultar em menor tamanho de frutos (Mota & Alves, 1990).

Observa-se na série de 1983 a 2009 que, em 56% dos anos, a precipitação pluvial foi superior ao limite de 1.900 mm, chegando a atingir 2.380 mm no ano de 1997. O ano de 2005 foi o que apresentou o menor total anual de precipitação, com 1200 mm (Figura 9).

O excesso de precipitação tem seus efeitos negativos acentuados quando ocorre no período de floração, pois pode ocasionar redução na polinização e, conseqüentemente, reduzir drasticamente a produção de frutos. Segundo Fioravanço *et al.* (2010a) poucos dias com precipitações intensas intercalados com períodos mais longos de dias ensolarados são menos prejudiciais à

polinização que uma seqüência de vários dias nublados ou chuvosos, mesmo com menores precipitações.

No período vegetativo, excessos de precipitação também são negativos, pois aumentam a incidência de doenças, principalmente a sarna da macieira e as podridões de frutos, além de reduzirem a eficiência dos tratamentos fitossanitários, aumentando a necessidade de reaplicações de produtos químicos, e, conseqüentemente, os custos de produção e os impactos ambientais.



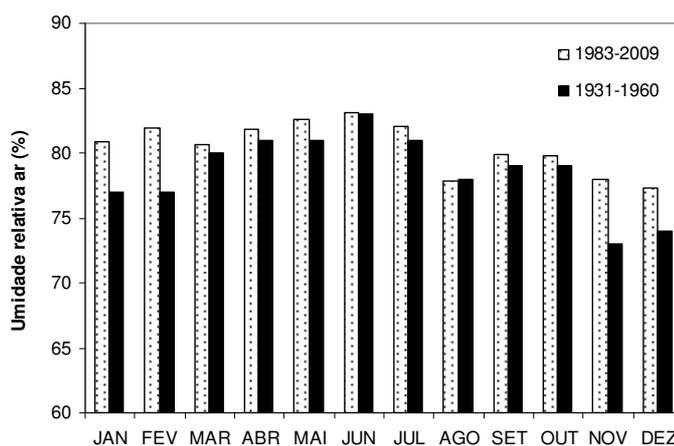
Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 9. Precipitação pluviométrica total anual de 1983 a 2009 (Vacaria, RS) e linha de precipitação máxima, segundo o critério de zoneamento para cultura da macieira (Westphalen & Maluf, 1979).

4.1.2 Umidade relativa do ar

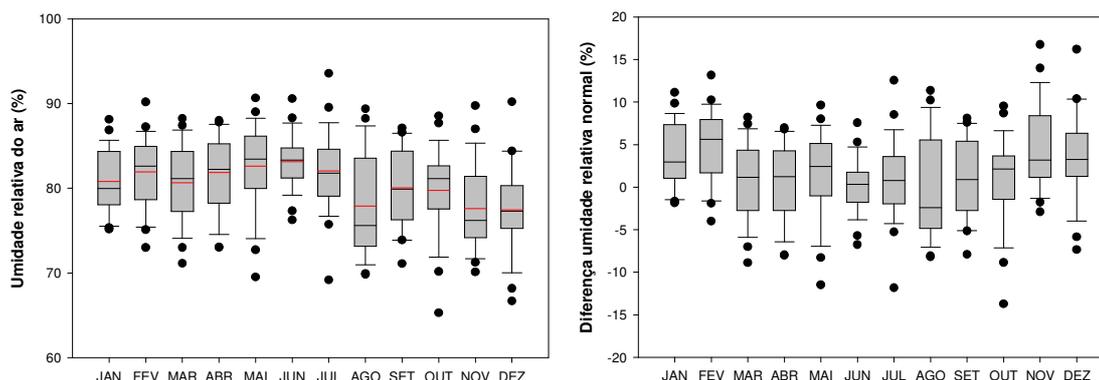
No período de 1983-2009 a umidade relativa do ar apresentou padrão de variação semelhante às normais de Vacaria, RS (1931-1960), embora com acréscimo de 1,6% na média dos anos avaliados, que não diferiu estatisticamente da normal climatológica (Figura 10).

O mês de junho foi o que apresentou menor variabilidade, enquanto agosto teve maior dispersão de valores nos 27 anos avaliados. A umidade relativa apresentou pouca variação entre anos e entre meses, entre 70 e 90%, estando mais da metade dos valores observados acima de 80% (Figura 11). Em relação às normais climatológicas as médias do período analisado tiveram valores 15% acima e abaixo. Novembro, dezembro, janeiro e fevereiro apresentaram mais de 75% das médias superiores às normais, enquanto o restante dos meses teve aproximadamente 50% dos valores superiores às normais (Figura 11).



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 10. Umidade relativa do ar média mensal de 1983 a 2009 e normais climatológicas 1931-1960. Vacaria, RS.



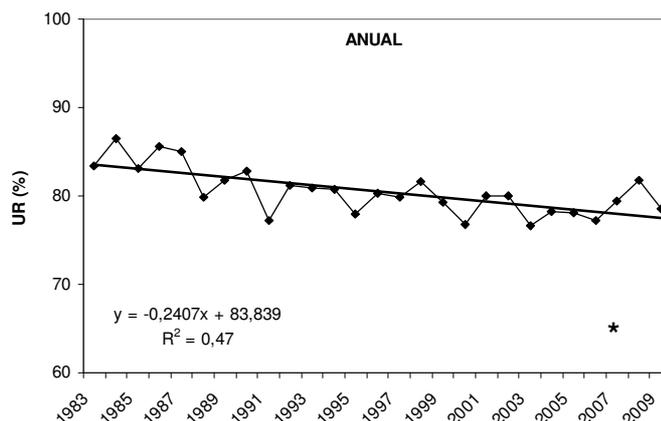
Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 11. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da umidade relativa do ar média mensal do período 1983-2009 e diferenças em relação às normais climatológicas 1931-1969. Vacaria, RS.

As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha vermelha); os extremos das caixas são os percentis 25 e 75; as barras representam os percentis 10 e 90; os círculos cheios são os valores extremos.

Analisando a tendência temporal da umidade relativa do ar no período de 1983 a 2009, para média anual (Figura 12) e estacional (Apêndice 3), verificou-se tendência significativa de redução da umidade do ar na média anual e no verão, outono e inverno. Embora não sendo significativa, esta tendência também é visualizada na primavera, que corrobora para a tendência anual de decréscimo de 6,5% verificada no período estudado.

A redução na umidade relativa do ar pode favorecer a produção de maceiras na região de Vacaria, uma vez que altos valores de umidade do ar favorecem o desenvolvimento de doenças por facilitar a disseminação e os processos de infecção de fungos e bactérias.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 12. Tendência linear da umidade relativa do ar média anual do período 1983-2009. Vacaria, RS.
(*tendência significativa a 5% de probabilidade de erro).

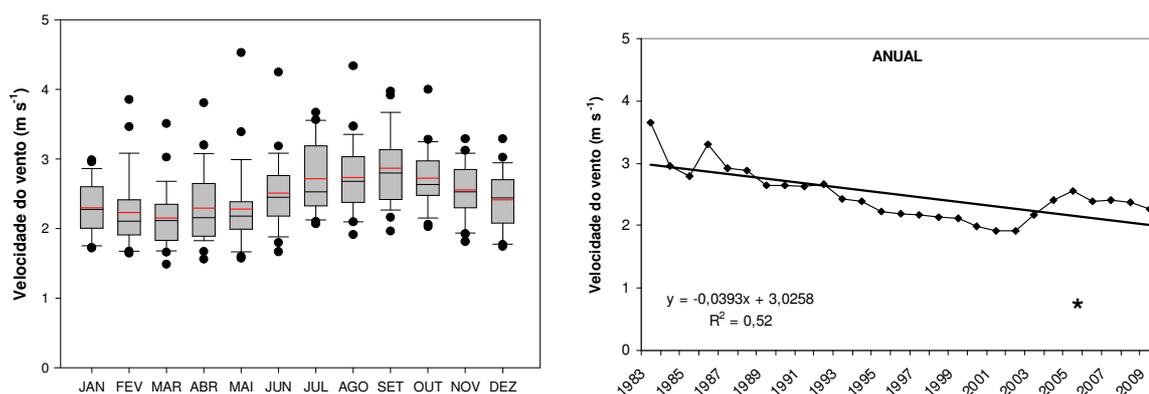
4.1.3 Velocidade do vento

A velocidade média do vento no período de 1983 a 2009 foi de $2,5 \text{ m s}^{-1}$, variando de $2,2 \text{ m s}^{-1}$, em fevereiro e março, a $2,9 \text{ m s}^{-1}$ em setembro, na média de todo o período avaliado. Na distribuição de probabilidade da velocidade média mensal de todo o período os valores médios variaram de $1,5$ a $4,5 \text{ m s}^{-1}$. Os meses de junho a dezembro apresentaram mais de 75% de probabilidade da velocidade média mensal do vento ser superior a 2 m s^{-1} e inferior a 3 m s^{-1} . De janeiro a maio houve tendência, entre 25 e 50% de probabilidade, das velocidades serem inferiores a 2 m s^{-1} (Figura 13).

Na análise temporal da velocidade do vento observou-se tendência significativa de redução da velocidade do vento, para a média anual (Figura 13) e de todas as estações do ano (Apêndice 4). Nas médias anuais do período 1983-2009 o decréscimo estimado foi de $0,03 \text{ m s}^{-1}/\text{ano}$ (Figura 13).

A redução na velocidade do vento pode ser considerada um fator positivo para a cultura da macieira, principalmente no período de floração e brotação, uma

vez que a atividade dos polinizadores é prejudicada pelo vento. Além disso, é importante considerar a possível redução de danos mecânicos em folhas, ramos e frutos jovens. No entanto, a circulação do vento no interior das copas das árvores faz-se necessária, pois auxilia na redução da umidade do ar no interior do dossel.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 13. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da velocidade do vento mensal e tendência temporal das médias anuais do período 1983-2009, Vacaria, RS.

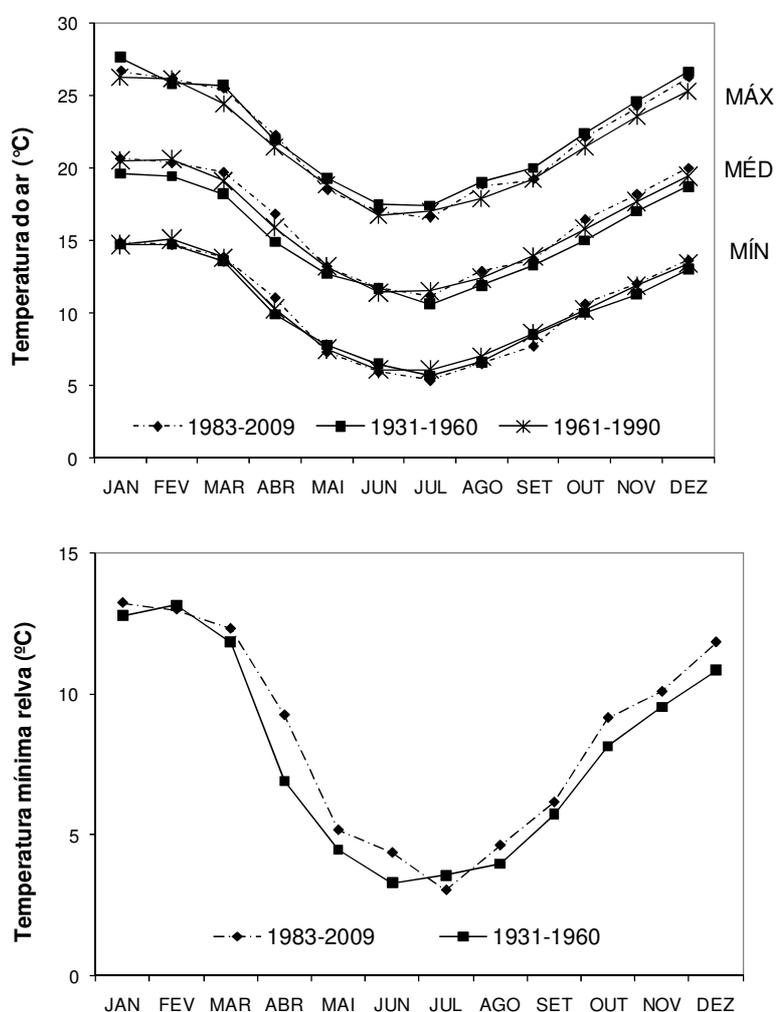
As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha vermelha); os extremos das caixas são os percentis 25 e 75; as barras representam os percentis 10 e 90; os círculos cheios são os valores extremos. (* tendência significativa a 5% de probabilidade de erro)

4.1.4 Temperatura do ar

A temperatura do ar é um dos principais elementos meteorológicos envolvidos no desenvolvimento das culturas, em particular na evolução da fenologia de frutíferas temperadas. Na série histórica analisada de 1983 a 2009, os valores médios de temperatura do ar máximas, mínimas e médias não diferiram das normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990, para Vacaria, RS (Figura 14).

As temperaturas mínimas dos três períodos foram semelhantes. As médias das temperaturas máximas do período 1983-2009 tiveram tendência de serem superiores as normais, na maioria dos meses, enquanto as temperaturas médias foram inferiores às normais, na maioria dos meses.

No período 1983 a 2009, julho apresentou as menores médias mensais de temperatura, de 11,3°C, e janeiro teve o maior valor médio, de 20,7°C. A menor média das temperaturas mínimas foi de 5,4°C, em julho, e a maior média das máximas, de 26,7°C corresponde a janeiro (Figura 14).



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 14. Médias mensais da temperatura do ar máxima, média e mínima e temperatura mínima a 5 cm acima de relva do período 1983-2009 e normais climatológicas 1931-1960 e 1961-1990, Vacaria, RS.

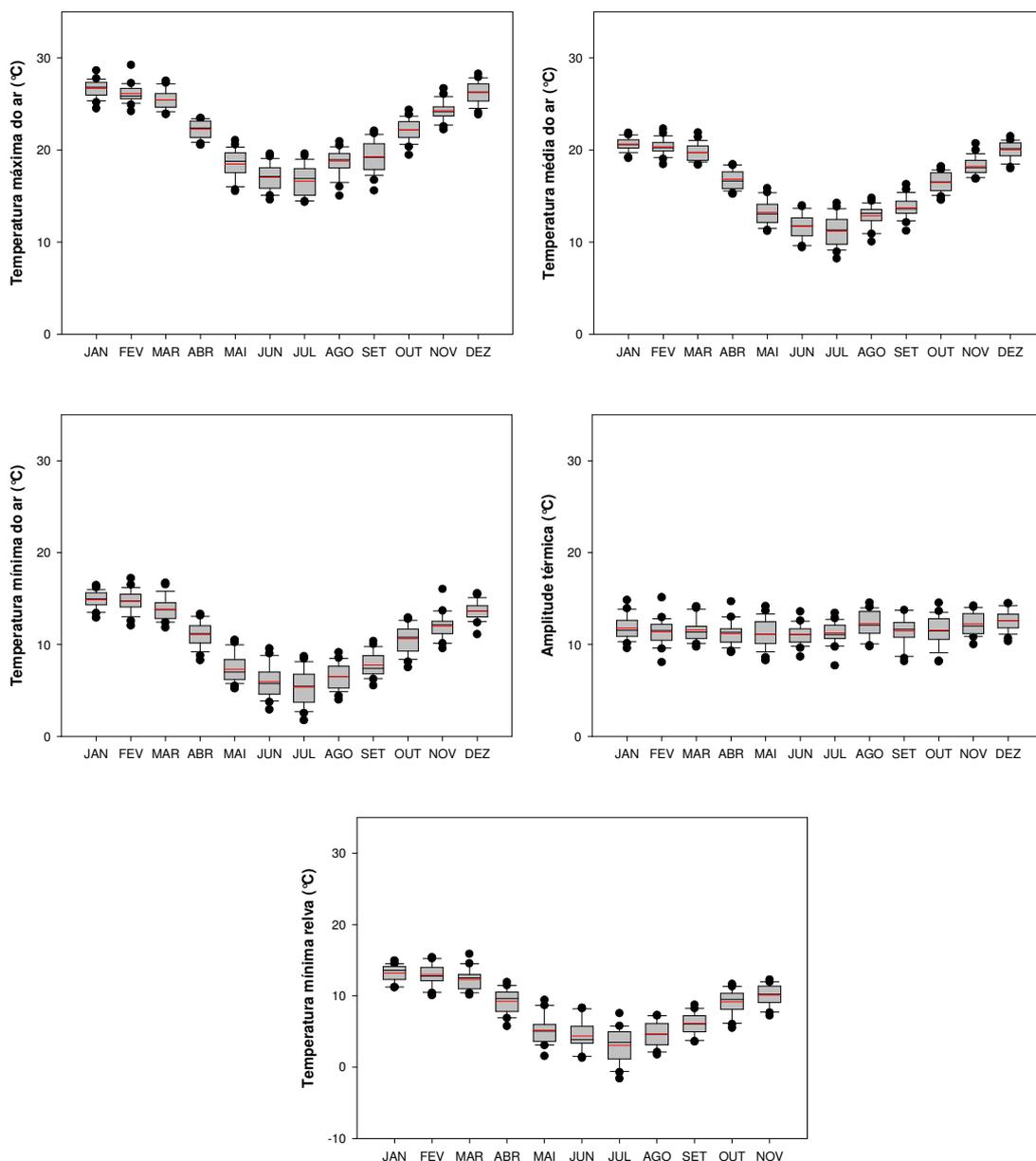
A temperatura do ar a 5 cm acima da relva variou de 3,0°C em julho, mês mais frio, a 13,2°C em janeiro, mês mais quente (Figura 14). A temperatura de relva apresentou atraso nos valores mínimos no período de outono e antecipação na primavera em relação a normal. Na maioria dos meses sendo superior a condição 1931 – 1960.

Para a região dos Campos de Cima da Serra, Pereira *et al.* (2009) verificaram que a temperatura média no verão variou de 19,7°C a 22,7°C e no inverno as variações foram de 11,8°C a 13,3°C. As temperaturas máximas observadas ficaram entre 24,9°C a 27,2°C e as mínimas entre 6,4°C a 8,2°C.

Na comparação do período 1983-2009 com as normais de 1931-1960, as temperaturas médias anuais aumentaram 1,0°C. A média das temperaturas máximas teve redução de 0,3°C e a média das mínimas apresentaram aumento médio de 0,1°C, porém sem diferenças estatísticas significativas.

Em relação à normal 1961-1990 houve aumento de 0,3 e 0,4°C nas temperaturas médias e máximas, respectivamente, e redução de 0,1°C na média das mínimas do período avaliado. Porém, essas diferenças não apresentaram significância estatística. Na comparação dos 27 anos com as normais 1961-1990 as diferenças foram menores que as diferenças com as normais 1931-1960 para todas as médias de temperatura do ar, como foi observado para precipitação pluvial.

Analisando a distribuição de probabilidade das temperaturas do ar médias, máximas e mínimas, observou-se baixa variabilidade entre seus valores. Os meses de primavera e verão apresentam menor variabilidade (menor tamanho das caixas) em comparação com os meses mais frios, em especial o mês de julho, que apresentou a maior variabilidade (Figura 15).



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 15. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da temperatura máxima, média e mínima do ar, da amplitude térmica e da temperatura mínima a 5 cm acima de relva do período 1983-2009, Vacaria, RS.

As linhas horizontais no interior das caixas representam o percentil 50 (mediana) e a média aritmética (linha vermelha); os extremos das caixas são os percentis 25 e 75; as barras representam os percentis 10 e 90; os círculos cheios são os valores extremos.

Pereira *et al.* (2009) verificaram que os coeficientes de variação das temperaturas média e máxima estiveram abaixo de 14%. Porém, para a temperatura mínima, os coeficientes de variação atingiram 30%.

As temperaturas médias ficaram acima de 10°C nos meses mais frios em, pelo menos, 75% dos anos e acima de 20°C nos meses mais quentes. Nas temperaturas mínimas os meses de inverno - junho, julho e agosto - apresentaram 100% dos valores iguais ou abaixo de 15°C. Nas temperaturas máximas os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentaram 100% das temperaturas acima de 20°C e nos meses de maio a agosto as temperaturas foram superiores a 15°C (Figura 15).

A temperatura mínima a 5m acima de relva apresentou padrão de variação semelhante à temperatura mínima de abrigo, com médias variando de 12,6°C nos meses de verão e 4,0°C nos meses mais frios. Os menores valores de temperatura mínima acima de relva foram observados em maio, junho e julho, com valor extremo de -1,6°C em julho.

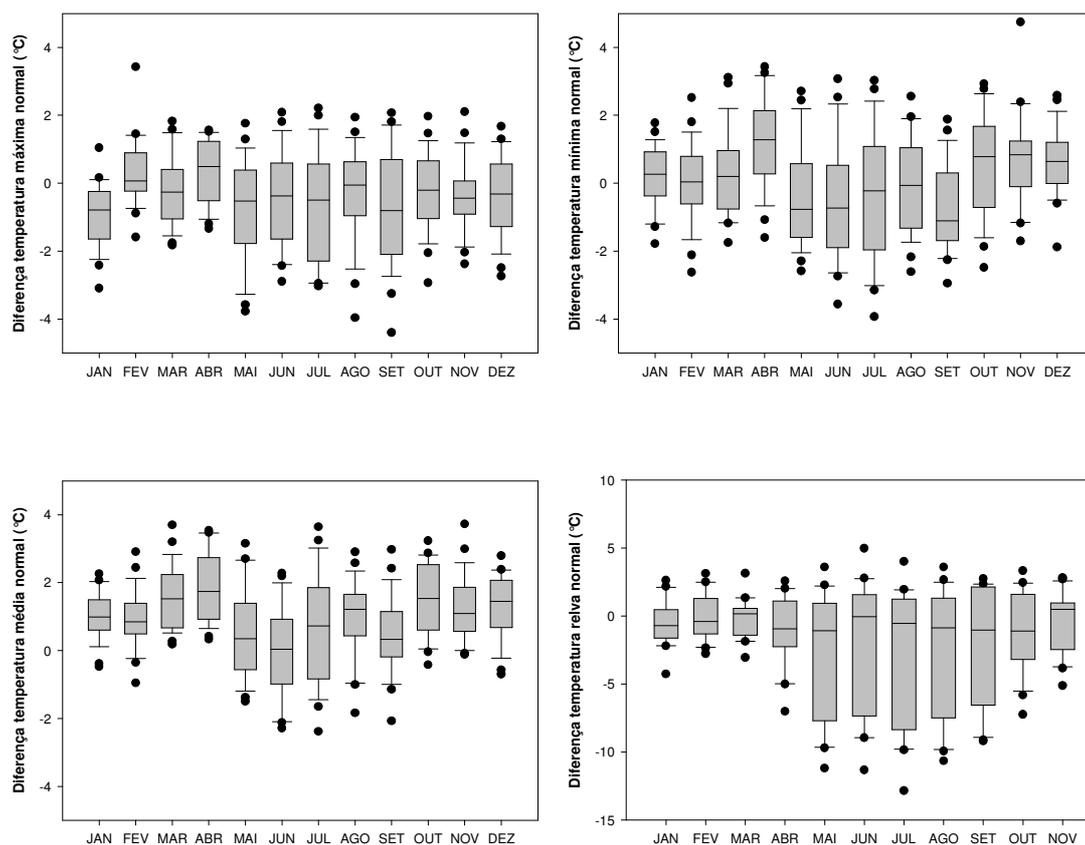
A amplitude térmica variou entre 10°C e 15°C (Figura 15). No período 1983-2009 seus valores foram superiores a 10°C em 75% dos anos e inferiores a 15°C em mais de 90% dos casos. As menores amplitudes térmicas correspondem aos meses de inverno.

As diferenças entre as temperaturas média, máxima e mínima do período 1983-2009 e as normais climatológicas 1931-1960 são elevadas, para Vacaria, RS (Figura 16). Porém, as temperaturas médias tiveram menor variabilidade nas diferenças, em comparação com as temperaturas máximas e mínimas. Entre meses, julho foi o que apresentou maior variabilidade (visualizado pelo maior tamanho da caixa) nas diferenças das três variáveis. Os meses mais quentes foram os que apresentaram menores diferenças entre o período analisado e as respectivas normais climatológicas, com menor variabilidade nos valores médios.

Com relação às temperaturas máximas, mais da metade das médias do período 1983-2009 ficaram abaixo das normais. Nas mínimas a dispersão de valores foi maior, com mais de 50% das médias dos meses mais frios abaixo das normais climatológicas.

Nas temperaturas médias do ar os meses de primavera-verão tiveram mais de 90% das médias mensais do período 1983-2009 acima das normais. Enquanto isto, nos meses de maio, junho e julho aproximadamente 50% das médias mensais daquele período foram semelhantes às normais.

A temperatura mínima a 5 cm acima de relva apresentou maiores diferenças em comparação à condição climática da Região, sendo que, de abril a dezembro, as médias do período analisado estiveram abaixo das normais. Em janeiro, fevereiro e março as médias do período estiveram próximas da condição normal (Figura 16).



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

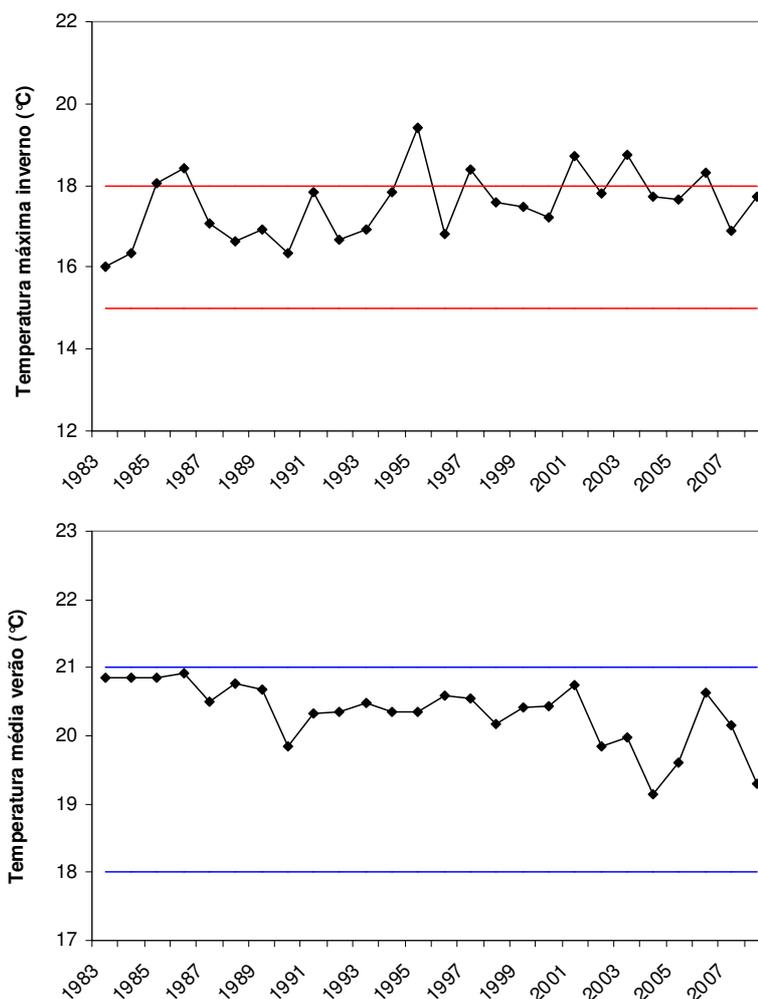
FIGURA 16. Distribuição de probabilidade (diagrama de caixa) da diferença entre as médias mensais de temperaturas do ar máxima, mínima, média e mínima a 5 cm acima de relva do período 1983-2009 e as normais climatológicas de 1931-1960, Vacaria, RS.

A linha horizontal no interior das caixas representa o percentil 50 (mediana); os extremos das caixas são os percentis 25 e 75; as barras representam os percentis 10 e 90; os círculos cheios são os valores extremos.

Entre os critérios para zoneamento climático, além do computo de horas de frio, devem ser consideradas as temperaturas máximas do inverno e médias no verão. Para que uma região seja considerada preferencial para cultivo de macieiras a média das máximas no inverno deve estar entre 15°C e 18°C, e as temperaturas médias do período vegetativo devem ser entre 18°C e 21°C (Westphalen & Maluf, 1979).

No período 1983-2009 a média das temperaturas máximas do inverno foi de 17,5°C, portanto, próxima do limite superior de zoneamento (18°C) com variação de 16 a 19,4°C entre anos. Em 27% dos anos do período estudado as temperaturas máximas do inverno foram superiores ao limite de zoneamento (Figura 17). Este resultado indica que, mesmo dentro da região estudada, considerada preferencial para a cultura da macieira, as condições térmicas podem exercer efeito limitante, especialmente levando em conta a elevada variabilidade das temperaturas no inverno e seus reflexos no acúmulo de frio hibernal e sua eficácia sobre a quebra de dormência de gemas (Petri et al., 2006).

A temperatura média no verão foi de 20,3°C, variando entre 19,2 e 20,9°C no período avaliado (Figura 17). Estes valores se encontram dentro dos limites pelos quais a região de Vacaria foi considerada preferencial para cultivo da macieira, embora tenham sido próximos ao limite superior na maioria dos anos, especialmente no início da série analisada.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 17. Temperatura máxima do ar no inverno e temperatura média no verão (Vacaria, RS) e linha de limites de temperatura adotados como critério para definir regiões preferenciais no zoneamento para cultura da macieira (Westphalen & Maluf, 1979).

Nas Figuras 18 a 22 observam-se as tendências temporais para temperaturas do ar máxima, mínima, média e amplitude térmica do ar, em níveis anual e estacional durante o período 1983-2009

Nas médias anuais de temperaturas a análise da tendência temporal demonstrou tendência significativa de aumento para a temperatura mínima e decréscimo da amplitude térmica. No período de 1983 a 2009 observou-se

aumento de 1,2°C na média anual da temperatura mínima e redução de 1,3°C na amplitude térmica. As médias anuais das temperaturas máximas e médias não apresentaram tendência temporal significativa no período (Figura 18).

Em relação à temperatura mínima do ar a tendência observada é coerente com trabalhos de Berlato & Althaus (2010) e Cordeiro (2010). Embora utilizando períodos de estudo diferentes (1936 a 2000 e 1950 a 2009), os autores também verificaram tendência de aumento da temperatura mínima do ar para a maioria das estações meteorológicas no Rio Grande do Sul.

Analisando o período de 1951 a 2006, na região de Pelotas, no sul do Estado, Steinmetz *et al.* (2007) verificaram aumento de 1,76°C na temperatura do ar mínima anual.

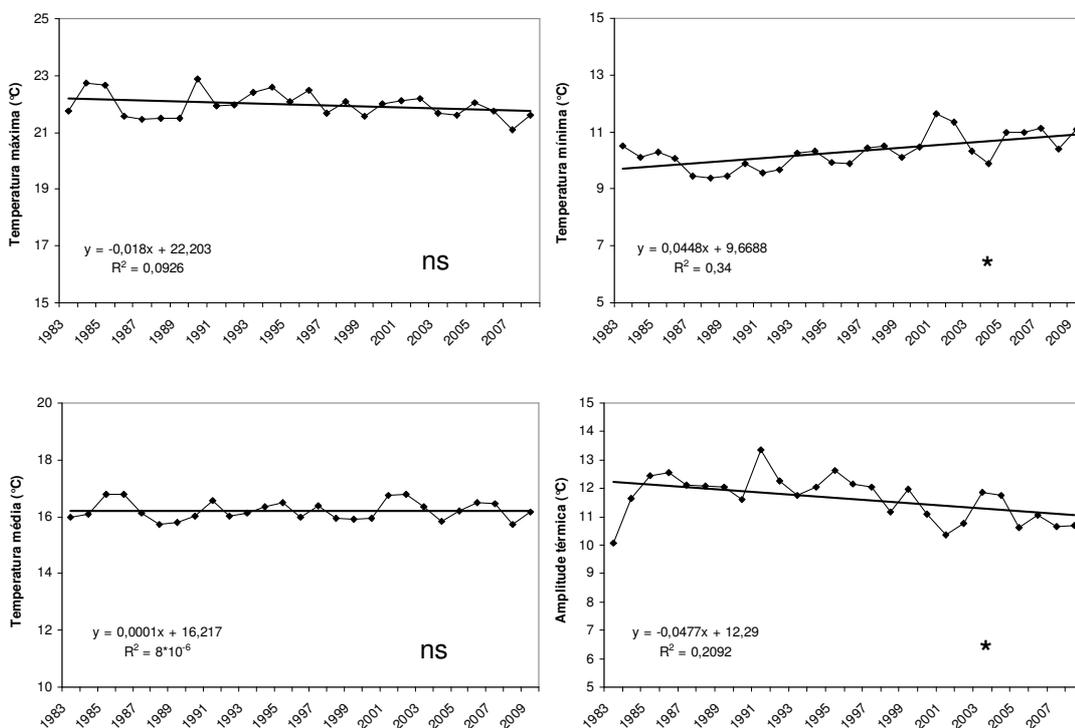


FIGURA 18. Tendência temporal linear da temperatura do ar média, máxima, mínima e amplitude térmica anual do período 1983-2009. Vacaria, RS.

(* tendência significativa a 5% de probabilidade de erro; NS: tendência não significativa) Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

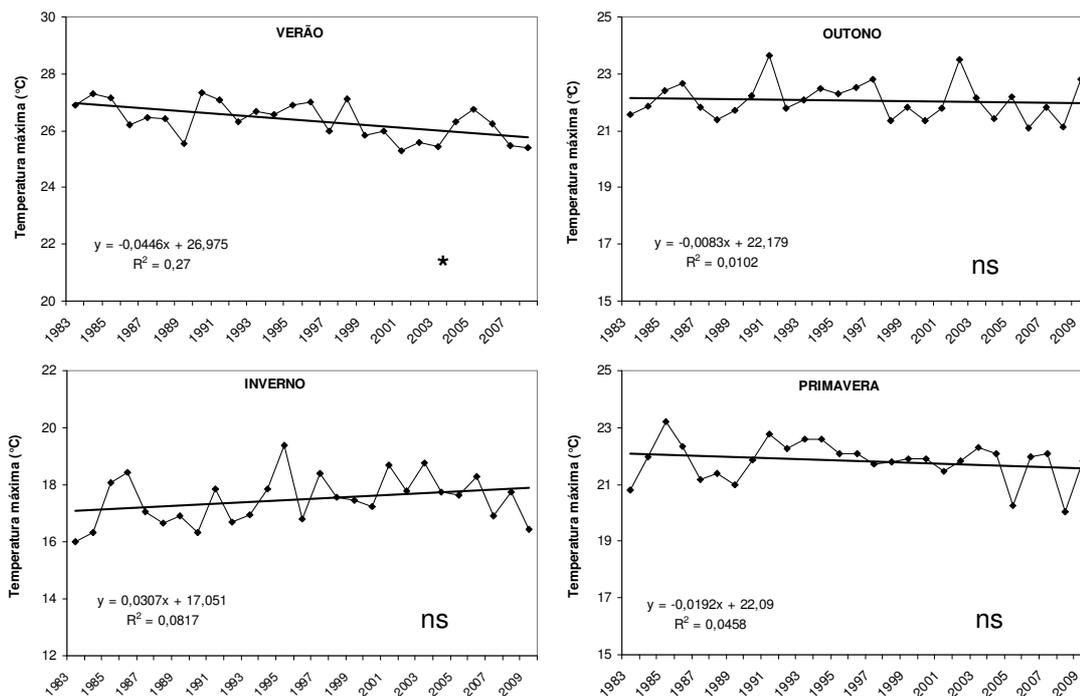


FIGURA 19. Tendência linear da temperatura máxima do ar estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.

(* tendência significativa a 5% de probabilidade de erro; NS: tendência não significativa) Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

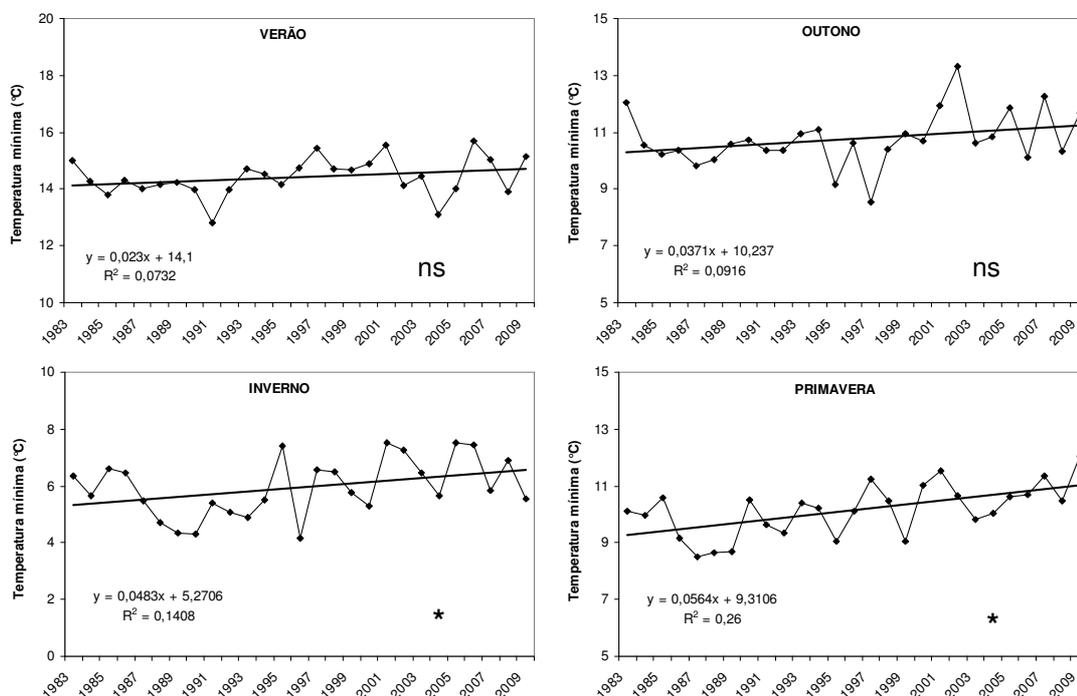


FIGURA 20. Tendência linear da temperatura mínima do ar estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.

(* tendência significativa a 5% de probabilidade de erro; NS: tendência não significativa) Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

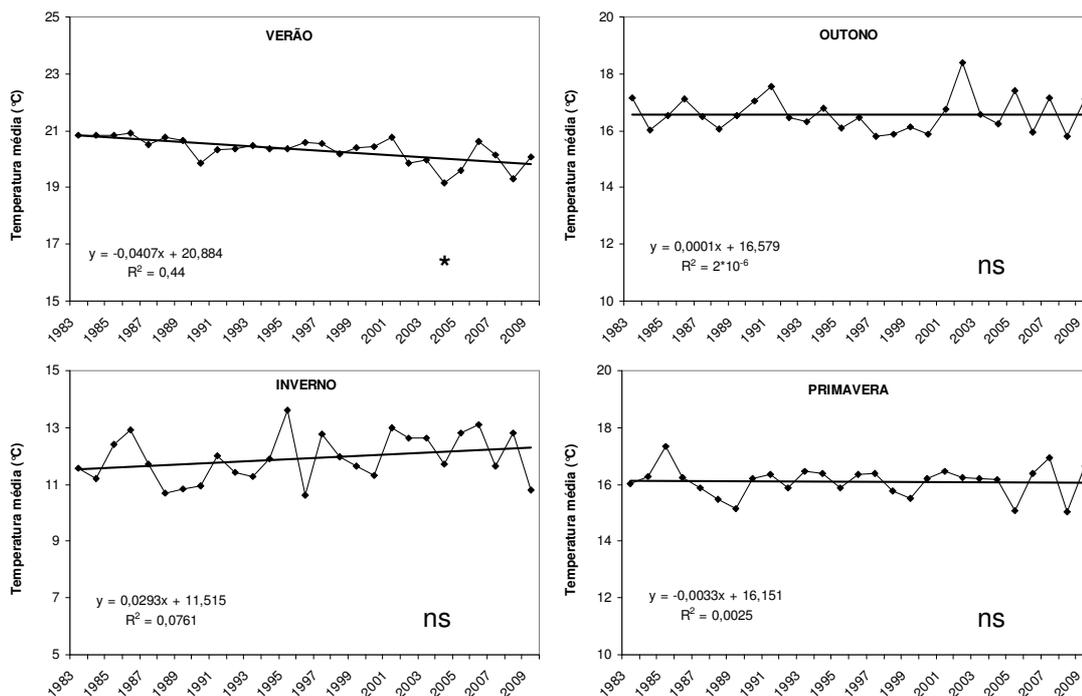


FIGURA 21. Tendência linear da temperatura média do ar estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.

(* tendência significativa a 5% de probabilidade de erro; NS: tendência não significativa) Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

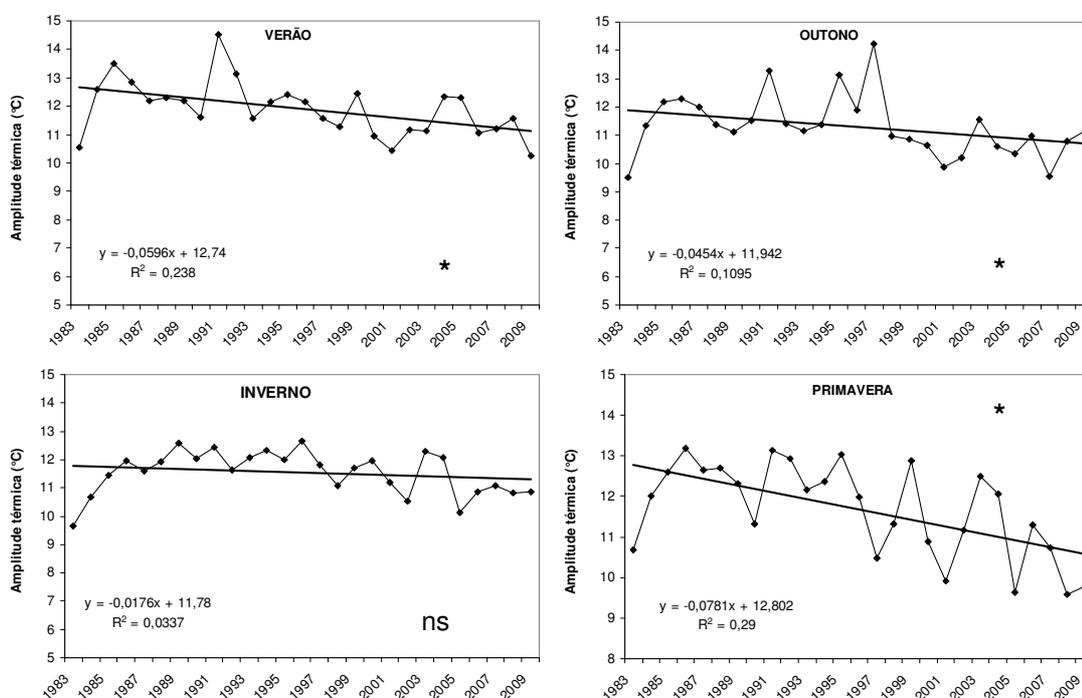


FIGURA 22. Tendência linear da amplitude térmica estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.

(* tendência significativa a 5% de probabilidade de erro; NS: tendência não significativa) Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

Nas avaliações por estação do ano observou-se tendência significativa de redução da temperatura máxima do ar no verão, de 1,2°C no período 1983-2009, em Vacaria, RS. Para as demais estações do ano as tendências não foram significativas (Figura 19).

Na avaliação estacional da temperatura mínima do ar houve tendência de aumento significativo no inverno e na primavera de 1,3°C e 1,5°C, respectivamente (Figura 20). No verão e no outono os acréscimos no período (0,6°C e 1,0°C, respectivamente) não foram significativos ao nível de 5% de probabilidade de erro.

No verão houve tendência significativa de redução da temperatura média do ar (Figura 21), de 1,1°C no período 1983-2009. Nas demais estações as tendências temporais não foram significativas.

A tendência temporal da amplitude térmica (diferença média entre temperaturas máximas e mínimas do ar) foi de redução na primavera, verão e outono. A primavera teve a maior redução, de 2,1°C, no período (Figura 22).

Para a região dos Campos de Cima da Serra, Pereira *et al.* (2009) verificaram aumento significativo das temperaturas mínimas anuais em Vacaria, com aumento de 0,72°C, Bom Jesus com 0,48°C e Lagoa Vermelha com 1,62°C, no período de 1931-1990.

Cordeiro (2010) não observou tendência temporal significativa na temperatura mínima de Bom Jesus, de 1950 a 2009. No entanto, esse autor observou tendência de aumento tanto para o ano quanto para primavera, verão e outono, e tendência de redução da temperatura no inverno.

Analisando a série de 1936 a 2000, Althaus & Berlato (2007) verificaram tendência negativa no ano e nas quatro estações, e predominância do sinal negativo (decréscimo) na tendência temporal das temperaturas máximas do ar, no

Rio Grande do Sul. Analisando a temperatura máxima do ar da série 1950 a 2009 para todo o Estado, Cordeiro (2010) observou tendência de aumento no ano, no outono, inverno e primavera, sendo somente a última significativa a 5%, enquanto no verão a tendência foi de redução. Para a estação de Bom Jesus as tendências foram as mesmas do Estado, porém sem significância estatística.

As variações nos sinais de tendência e na significância das mesmas podem ser atribuídas a diferentes séries de dados meteorológicos utilizados em cada estudo, especialmente em função de picos de calor ou ondas de frio, em períodos iniciais ou finais das séries meteorológicas, que podem influenciar a inclinação da equação de tendência (Marengo & Camargo, 2008; Cordeiro, 2010).

Na temperatura média do ar, para médias anuais, de primavera, verão e outono, Cordeiro (2010) observou tendências de aumento na maioria dos locais. A exceção foi o inverno, que não apresentou tendência significativa.

Analisando tendências das temperaturas máximas e mínimas do sul do Brasil durante o período 1960-2002, Marengo & Camargo (2008) observaram tendências positivas nas temperaturas mínimas e máximas. Porém, como as maiores tendências de aumento são verificadas nas temperaturas mínimas do ar, conseqüentemente, há redução da amplitude térmica.

De maneira geral, verificou-se tendência de aumento da temperatura mínima anual (significativa) e menor redução (não significativa) da temperatura máxima, resultando em redução na amplitude térmica e praticamente ausência de variação nas médias anuais, no período 1983-2009.

Sendo mantido este cenário ao longo dos próximos anos, torna-se cada vez mais preocupante a adaptação climática dos atuais genótipos de macieira na região de Vacaria. A produção de maçã no RS é realizada em regiões que não suprem todas as necessidades climáticas da espécie e das principais cultivares,

na maioria dos anos. O aumento das temperaturas mínimas pode ter efeito direto de redução no acúmulo de frio, necessário para superação de dormência, tornando cada vez maior a necessidade da criação ou introdução de novas cultivares menos exigentes em frio que as atuais.

A redução da amplitude térmica pode tornar-se mais um agravante na produção de frutos com adequada intensidade de cor vermelha, uma vez que a coloração avermelhada da epiderme dos frutos tem elevada dependência da amplitude térmica, ou seja, quanto maior a amplitude, principalmente no período final de crescimento dos frutos, melhores são os índices de coloração dos frutos para aceitação comercial (Leite *et al.*, 2002).

4.2 Regime de frio para macieiras na região produtora de Vacaria

4.2.1 Horas de Frio

Na média do período 1983-2009, o número de horas de frio foi de 657 HF de maio-agosto e de 759 HF de maio-setembro, superior à média climatológica da região do período 1956-2003 conforme Matzenauer *et al.* (2005) (Figura 23).

No entanto, o número de horas de frio demonstrou elevada variabilidade de ano para ano. Em 2005 foram acumuladas somente 430 HF, tendo sido este um dos anos com menor disponibilidade de frio. Por outro lado, em 1989 foram acumuladas 913 HF de maio a agosto e 1070 HF de maio a setembro, o ano de maior acúmulo de HF da série em estudo (Figura 23).

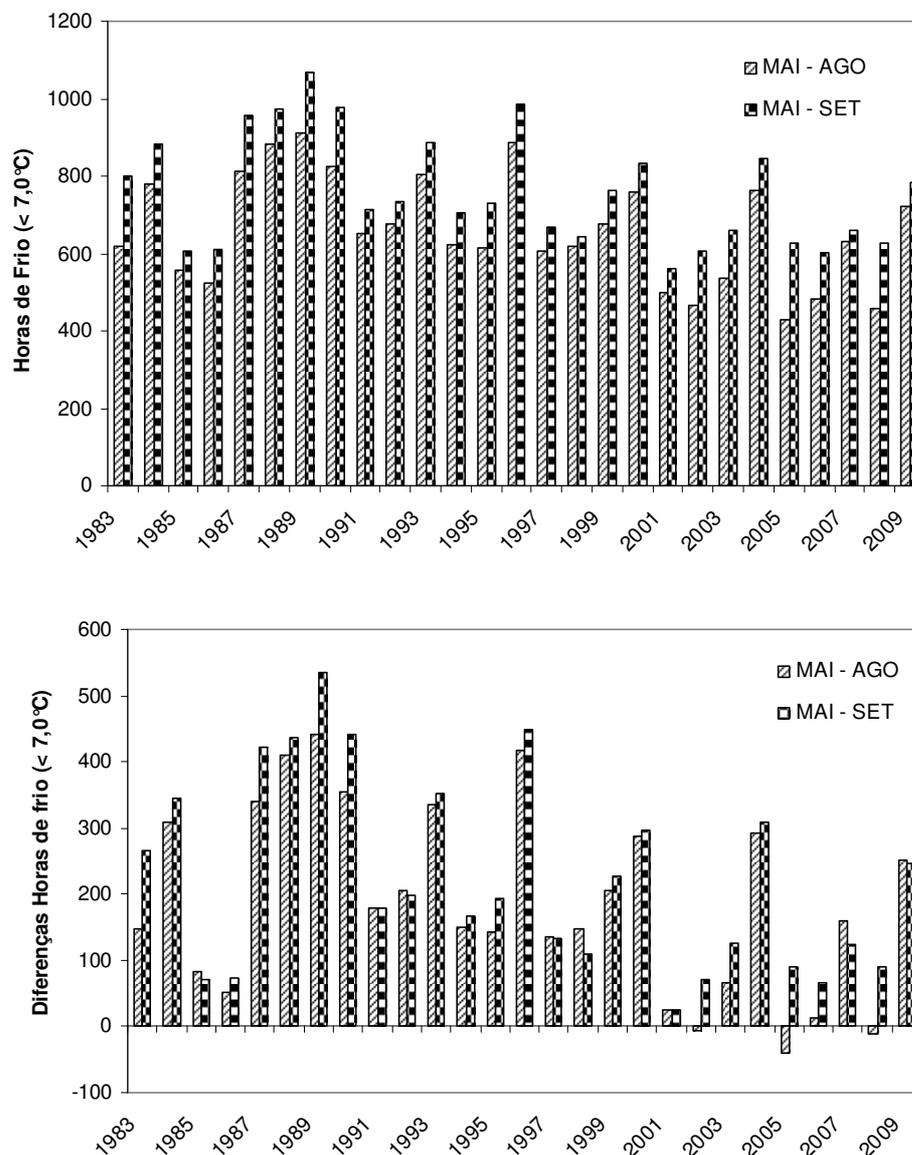
Em comparação com a média climatológica, somente o período de maio a agosto de 2002, 2005 e 2008 não atingiu valores iguais ou superiores à média correspondente. Os anos de 1987 a 1990, 1993 e 1996 foram os que apresentaram as maiores diferenças positivas, que se aproximaram ao dobro da média climatológica (Figura 23).

Provavelmente, estas diferenças nos totais de horas de frio entre os períodos considerados se devem, em parte, a diferentes condições de medição, localização das estações e métodos de cômputo de dados.

Heldwein *et al.* (2000) determinaram as disponibilidades de horas de frio acumuladas abaixo de 7 e 13°C, de abril a setembro e para diferentes níveis de probabilidade. Os autores verificaram elevada variabilidade no número de horas de frio de ano para ano em nove locais da região central do Rio Grande do Sul.

O acúmulo de frio é necessário para o processo de quebra de dormência da macieira e outras frutíferas caducifólias. Segundo Petri *et al.* (2006) a quantidade normal de horas de frio da região de Vacaria não é considerada

suficiente para a quebra de dormência de cultivares de média e alta necessidade em frio, como as que compõem os grupos 'Gala' e 'Fuji', as quais necessitam entre 600 a 800 horas de frio abaixo de 7,0°C de maio a agosto.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 23. Totais anuais de número de horas de frio abaixo de 7,0°C de maio-agosto e maio-setembro no período 1983-2009 e anomalias em relação à média climatológica de 1956-2003. Vacaria, RS.

Trabalhando com as cultivares de macieira Condessa e Baronesa, de baixas necessidades de frio, Putti *et al.* (2003b) verificaram que as mesmas apresentaram menor número de dias para a brotação quando expostas à temperatura de 15 °C, demonstrando que as necessidades de frio podem ser satisfeitas com temperaturas superiores a 7,0 °C, dependendo da cultivar.

O potencial produtivo de um pomar de maçã está relacionado com muitos fatores, sendo primordial a adequada quebra de dormência das gemas. O acúmulo de horas de frio durante o repouso vegetativo é decisivo para brotação e floração adequadas e, conseqüentemente, para a definição das regiões recomendadas ao cultivo de macieiras.

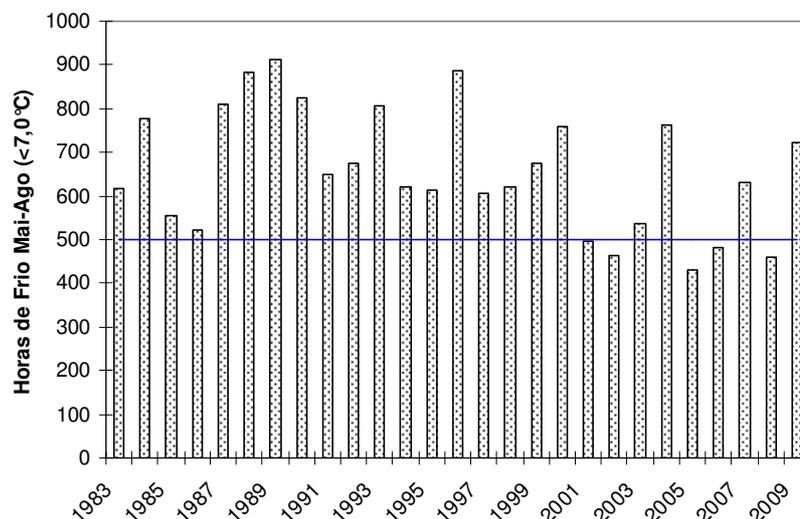
Tomando-se por base o zoneamento agroclimático da cultura da macieira para o Rio Grande do Sul são necessárias, entre 500 e 600 HF abaixo de 7,0 °C de maio a agosto, nas regiões consideradas preferenciais para cultivo.

Em mais de 80% do período 1983-2009, o número de horas de frio mínimo (500 HF) foi atingido. Na última década, a partir de 2000, ocorreram os menores acúmulos de HF, especialmente em 2002, 2005, 2006 e 2008 (Figura 24). A redução no acúmulo de frio pode estar relacionada com o aumento das temperaturas mínimas, em geral noturnas, conforme observado no item 4.1.2 e por trabalhos anteriores, tanto em escala global quanto regional (Marengo & Camargo, 2008; Pereira *et al.*, 2009; Cordeiro, 2010).

Segundo Petri *et al.* (2006) os produtos indutores de brotação, utilizados para compensar a falta de frio, terão efeito na medida em que forem acumulados 50% ou mais do frio necessário para a espécie ou cultivar.

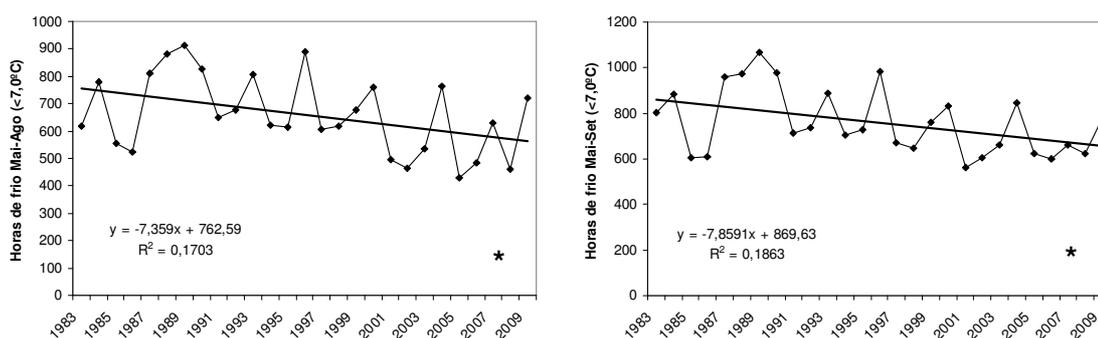
Observando-se a tendência temporal do número de horas de frio (Figura 25) verificou-se redução significativa para o somatório de HF tanto de maio a agosto, quanto de maio a setembro. As reduções totais estimadas foram de 198 e

212 HF para os períodos de maio-agosto e maio-setembro, respectivamente, de 1983 a 2009. Esta tendência é coerente com o aumento das temperaturas mínimas, conforme observado anteriormente.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 24. Número de horas de frio acumuladas abaixo 7,0°C de maio-agosto no período 1983-2009 (Vacaria, RS) e limite mínimo de horas de frio segundo critério de zoneamento da cultura da macieira (Westphalen & Maluf, 1979).



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 25. Tendência temporal para número de horas de frio acumuladas abaixo de 7,0°C de maio-agosto e maio-setembro no período 1983-2009. Vacaria, RS.

(* tendência significativa a 5% de probabilidade de erro)

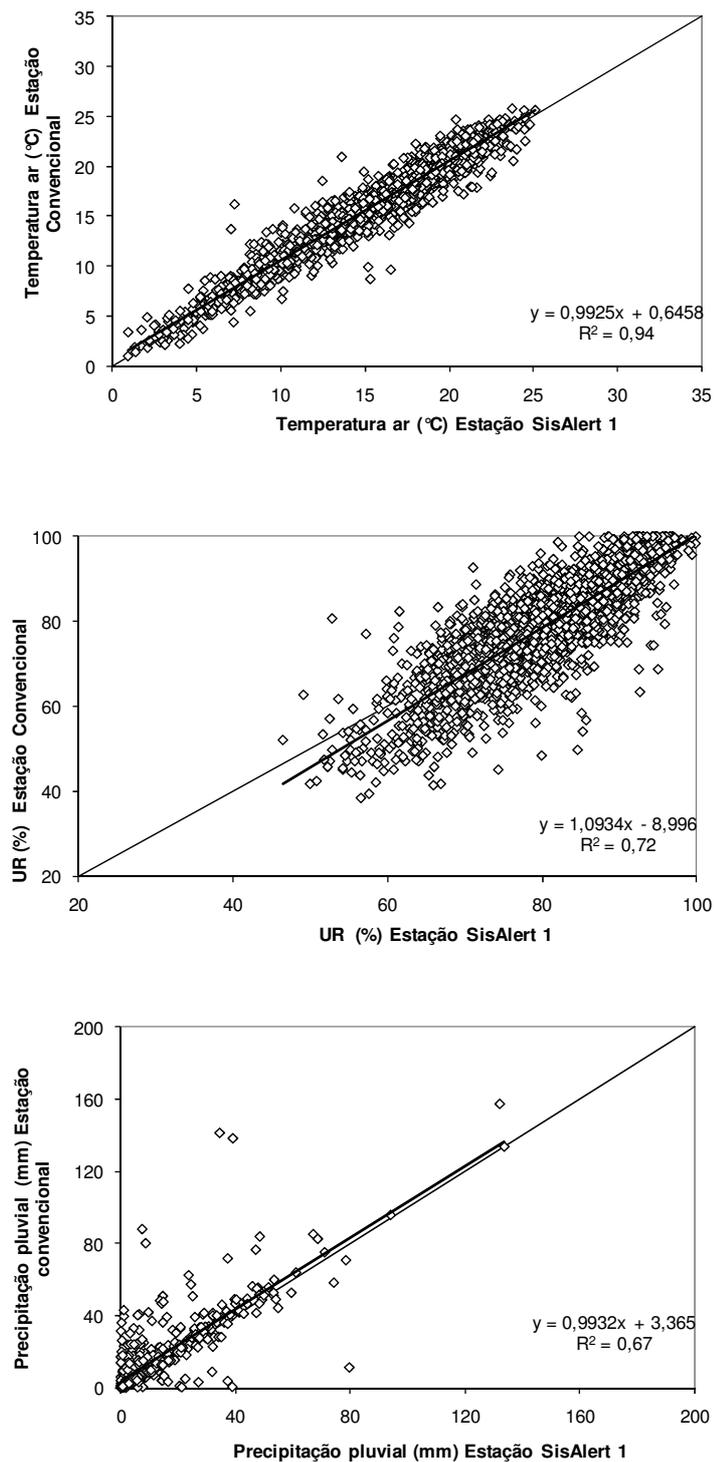
Embora a maioria dos anos tenha apresentado número de horas de frio superior à normal climatológica, atingindo a necessidade de algumas cultivares, este critério de avaliação do regime de frio não considera “picos de calor” que podem ocorrer no período de outono-inverno e que afetam a qualidade e eficácia do frio para a cultura da macieira, algumas vezes anulando os efeitos do frio acumulado anteriormente (Petri *et al.* 2006)

4.2.2 Avaliação da homogeneidade entre locais da região produtora de Vacaria

A partir da base de dados oriundos das estações automáticas do programa SisAlert, referentes aos anos de 2001 a 2009, foram analisadas as variáveis temperatura média do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em sete pomares comerciais de macieira, ou seja, em sete diferentes ambientes, visando avaliar a variabilidade desses elementos entre os diferentes ambientes.

Inicialmente, foram correlacionados os valores médios diários medidos pela estação SisAlert 1, localizada em pomar da Estação Experimental da Embrapa, com dados da estação convencional da Embrapa (Figura 26).

Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar provenientes das duas estações meteorológicas, convencional e automática, se ajustaram a um modelo linear, com coeficientes de correlação de 0,97 para temperatura e 0,85 para umidade relativa do ar. Os coeficientes de regressão linear (inclinação das retas) foram próximos à unidade, demonstrando elevada aproximação entre valores diários correspondentes. A precipitação pluvial apresentou menor coeficiente de correlação entre dados das duas estações meteorológicas, com $r^2=0,67$, demonstrando que houve maior variabilidade nos registros de precipitação. Essas diferenças podem ser atribuídas a diferenças de equipamento, entre as estações automáticas e a convencional, em particular na sensibilidade dos sensores, para precipitações de baixo volume. Porém, o coeficiente de regressão linear para os dados de precipitação também foi próximo da unidade, identificando adequada exatidão nas medições, embora ocorram diferenças de precisão entre os sensores.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 26. Análise de regressão entre temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluvial diários da estação convencional e da estação automática SisAlert, localizadas na Estação Experimental da Embrapa Uva e Vinho do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.

Também, foram feitas análises de correlações entre sete estações do SisAlert para as mesmas três variáveis. Para temperatura do ar observou-se, em todas as comparações entre ambientes, alta correlação, com coeficientes de determinação variando de 0,93 a 0,99 (Apêndice 5). Para umidade relativa do ar as correlações entre as estações SisAlert tiveram coeficientes de determinação entre 0,75 e 0,92 (Apêndice 6). A precipitação pluvial apresentou coeficiente de correlação baixo de 0,53 para uma estação e variou entre 0,7 e 0,8 nas demais correlações entre estações SisAlert (Apêndice 7). Portanto, entre os três elementos avaliados a precipitação pluvial foi aquela que demonstrou maior variabilidade entre locais, quanto aos dados diários.

As médias estacionais e desvios padrão para temperatura e umidade relativa do ar foram semelhantes para os dados das sete estações SisAlert (Apêndice 8). Na análise de variância dos dados de temperatura do ar não foram observadas diferenças significativas.

Durante o verão a umidade relativa do ar média diária das estações SisAlert 1 e 2 diferiram entre si, sendo que a estação SisAlert 2 diferiu das estações SisAlert 5, 6 e 7, enquanto nas demais estações os dados não diferiram. No outono e primavera os dados não diferiram entre as sete estações. No inverno os dados da estação SisAlert 2 diferiram significativamente dos dados da SisAlert 4, 5, 6, e 7, ao passo que os valores de umidade do ar da SisAlert 7 diferiram das médias das estações SisAlert 1 e 3 (Apêndice 9).

Quanto à precipitação pluvial observam-se maiores variações entre os locais. A estação SisAlert 2 foi a que apresentou os menores valores de precipitação, possivelmente por falhas no funcionamento do sensor. A primavera foi a estação do ano que apresentou os maiores totais de precipitação, com 522 ± 213 mm, sendo que os menores valores ocorreram no outono, com 275 ± 116 mm

(Apêndice 10). Por outro lado, na análise de variância os somatórios de precipitação estacional não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as sete estações do sistema SisAlert, o que pode ser atribuído à elevada variabilidade nos respectivos somatórios e desvios padrão (Apêndice 11).

As diferenças entre as estações provavelmente se devem a variações no funcionamento dos sensores, especialmente a estação SisAlert 2 que apresentou as maiores discrepâncias nas variáveis meteorológicas avaliadas.

Apesar da variabilidade observada nas séries analisadas, principalmente de umidade relativa do ar e precipitação pluvial, as condições mesoclimáticas dos pomares de macieira do município de Vacaria podem ser consideradas semelhantes.

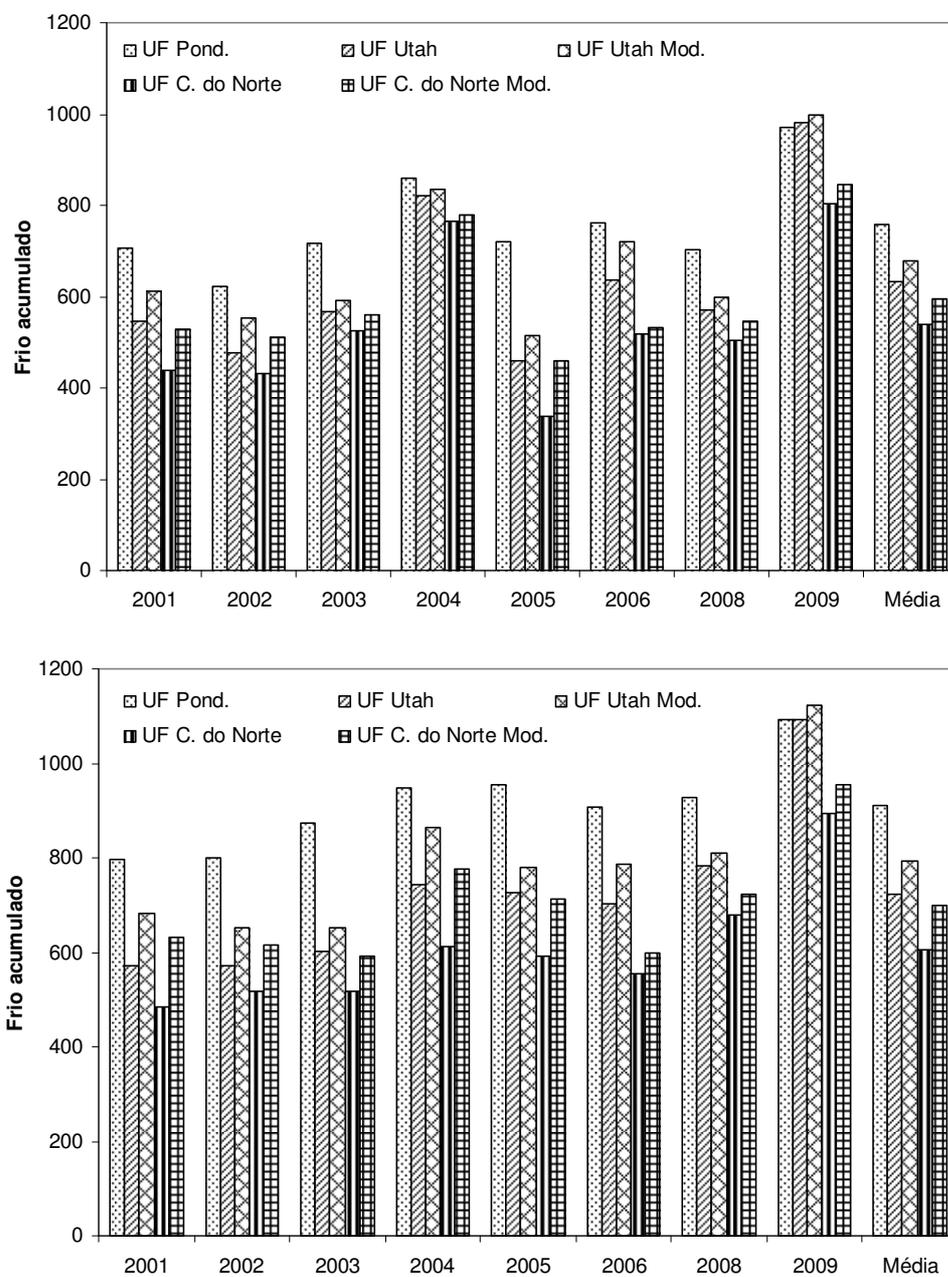
4.2.3 Unidades de Frio

Neste estudo as unidades de frio foram estimadas segundo os modelos de Horas de Frio Ponderado (UF Pond.), Utah (UF Utah), Utah Modificado (UF Utah Mod.), Carolina do Norte (UF C. do Norte) e Carolina do Norte Modificado (UF C. do Norte Mod.). Para isto, foram utilizados dados horários da estação SisAlert 1 para os anos de 2001 a 2009, exceto 2007 devido a falhas na base de dados (Figura 27).

Entre os modelos de estimativa de unidade de frio os maiores acúmulos foram obtidos com o modelo de Horas de Frio Ponderado, seguido pelo modelo Utah Modificado. Os menores totais de unidades de frio foram estimados pelo modelo Carolina do Norte. O modelo Carolina do Norte Modificado apresentou totais de unidades de frio semelhantes ao modelo Utah, para a maioria dos anos e na média de todo o período, tanto para somatório de maio a agosto quanto de maio a setembro.

O total de unidades de frio estimado pelo método Ponderado, no somatório de maio a agosto, teve menor acúmulo em 2002 e o máximo em 2009, com média de todo o período de 758 UF Ponderadas. No somatório de maio a setembro a média acumulada foi de 910 UF Ponderadas.

Em todos os modelos de cálculos de unidades de frio observou-se alta variabilidade entre os anos. Nos modelos de Utah, Utah Modificado e Carolina do Norte Modificado as médias do período estiveram na ordem de 600 e 700 UF para maio-agosto e maio-setembro, respectivamente. Os menores valores foram observados no ano de 2005 (aproximadamente 450 UF) e os maiores acumulados em 2009, com valores de até 990 UF pelo método de Utha Modificado. O modelo Carolina do Norte apresentou os menores valores médios, variando de 540 a 600 UF para maio-agosto e maio-setembro (Figura 27).



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 27. Somatório de unidades de frio, de maio a agosto (A) e de maio a setembro (B), segundo estimativas pelos modelos de Horas de frio Ponderadas, Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, no período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.

Putti *et al.* (2003a) avaliaram a necessidade de frio de seis cultivares de macieira e verificaram que elas se diferenciaram quanto ao número de dias para a brotação das gemas. Para todas as cultivares testadas o menor tempo para a brotação ocorreu quando as plantas receberam maior número de unidades de frio, demonstrando que há relação inversa significativa entre o tempo médio da brotação e o suprimento de frio hibernal, associado as necessidades térmicas para brotação.

No município de São Joaquim, Iuchi *et al.* (2002) verificaram um total de 772 horas de frio e 2660 unidades de frio, no ano de 1998. Por outro lado, em 1999 houve acúmulo de 1005 horas de frio, mas um total de 2377 unidades de frio estimadas pelo modelo Carolina do Norte Modificado, sendo esses valores superiores à média local.

Pelo método Ponderado o ano de 2002 foi o que apresentou o inverno mais ameno, com menor disponibilidade de unidades de frio, enquanto que para os demais métodos os menores acumulados foram no ano de 2005, podendo este ser considerado um dos anos mais negativos para frutíferas temperadas. Essas diferenças se devem principalmente as unidades negativas que anulam o frio acumulado em períodos de altas temperaturas durante o outono-inverno.

O maior acúmulo de frio na série analisada ocorreu em 2009 que registrou praticamente o dobro da disponibilidade de frio média do período, seguido de 2004, que também se destacou em todos os métodos de cálculo.

Botelho *et al.* (2006) avaliando a disponibilidade de frio de 2000 a 2004 para diferentes regiões do Paraná, observaram que 2002 foi o ano que apresentou os menores acúmulos de frio, pelos diversos modelos de cálculo.

A variabilidade entre anos e diferentes modelos de estimativa se deve, principalmente, às diferentes faixas de temperatura que resultam em unidades de

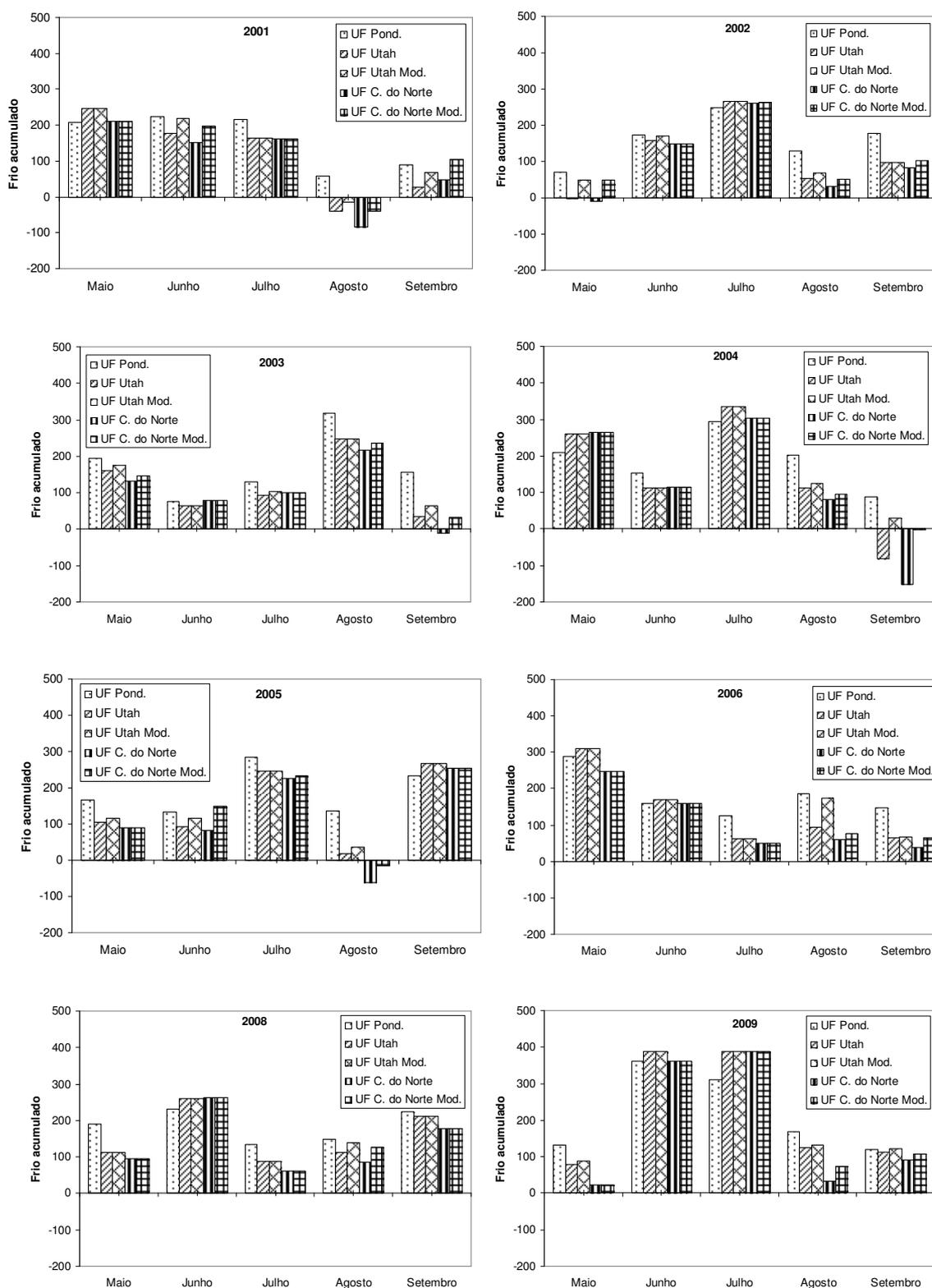
frio. No caso do modelo Ponderado, não são consideradas unidades negativas, o que resultou em maiores valores de unidades de frio acumulado.

Nos modelos de Utah e Carolina do Norte e suas variações, algumas faixas de temperatura tem peso zero, enquanto temperaturas superiores a 16 e 19°C, respectivamente, são computadas negativamente. Isto resulta em menores acúmulos de unidades de frio, em condições de temperaturas elevadas e grande número de dias com altas temperaturas no período de outono-inverno.

Na região de Vacaria o número de unidades de frio estimado pelo Modelo Carolina do Norte não chega a 1.000 unidades de frio, mesmo em anos que apresentam número de horas de frio considerado suficiente para as cultivares de macieira Gala e Fuji. Esses resultados evidenciam que, mesmo nos anos de maiores acúmulos de frio, seja em número de horas abaixo de 7°C ou unidades de frio, a região não supre as necessidades de frio para superação da dormência das principais cultivares de macieira, sem a utilização de produtos químicos.

No acúmulo mensal de unidades de frio (Figura 28) também foi observada alta variabilidade entre as médias mensais. De forma geral, os meses de maio, junho e julho são os que mais contribuem para o acúmulo de frio, para todos os modelos de cálculo.

No ano 2002 destacou-se negativamente o mês de maio que, praticamente, não contribuiu para o acúmulo de frio, apresentando valores negativos pelos modelos de Utah e Carolina do Norte. Agosto apresentou as maiores variações entre anos, com pequena ou nenhuma contribuição, como em 2001 e 2005 (-85 e -60 UF). Por outro lado, em 2003, este foi o mês com maior acúmulo de frio (± 250 UF). Setembro apresenta variabilidade semelhante a agosto, tendo contribuído negativamente em 2003 e 2004.



Fonte de dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 28. Somatório mensal de unidade de frio de maio a setembro, segundo estimativas pelos modelos de Horas de frio Ponderadas, Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, no período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.

Avaliando a disponibilidade de horas de frio abaixo de 7°C em diferentes locais na região central do Rio Grande do Sul, Heldwein *et al.* (2000) observaram que a mesma foi baixa no mês de abril, aumentando até meados de julho e diminuindo abruptamente da primeira para a segunda quinzena de setembro.

Na média dos anos avaliados, os meses que mais contribuem para o acúmulo de frio apresentam valores entre 200 e 300 unidades de frio, conforme os diferentes métodos de cálculo. Em 2009, junho e julho destacaram-se com acumulados superiores a 350 unidades de frio, praticamente a metade do acúmulo hibernal total médio, em apenas dois meses.

Embora o número de anos avaliados possa ser considerado pequeno, esse estudo permite verificar a variabilidade no acúmulo de unidades de frio, mesmo quando o número de horas de frio for semelhante, como nos anos 2004 e 2009. Assim, o número de horas de frio não deve ser utilizado como único parâmetro indicativo para recomendar o cultivo da macieira em novas regiões ou caracterizar as necessidades de novos genótipos.

4.3 Fenologia de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ na região de Vacaria, RS

4.3.1 Caracterização fenológica das cultivares Royal Gala e Fuji Suprema

Na média dos locais e safras avaliados a data de ocorrência de tratamentos de quebra de dormência para ‘Royal Gala’ foi de 30 de agosto, variando de 23/08 a 17/09, e para ‘Fuji Suprema’ a data média foi de 29 de agosto, com variação de 15/08 a 12/09. Para ‘Royal Gala’ o estágio de ponta verde ocorreu, em média, em 18 de setembro, com desvio padrão de 6 dias, sendo que em macieiras ‘Fuji Suprema’ a data média de ponta verde foi 20 de setembro, com desvio de 8 dias (Tabela 5).

Os eventos de plena flor e queda de pétalas apresentaram datas médias semelhantes para as duas cultivares. Os coeficientes de variação entre valores mínimos e máximos também foram semelhantes.

As maiores diferenças foram observadas na colheita, cuja data média de início de colheita foi de 05 de fevereiro para ‘Royal Gala’ e 04 de abril para ‘Fuji Suprema’, com coeficientes de variação superiores a 28%. As diferenças entre as datas de início de colheita se devem a características das cultivares. O grupo ‘Fuji’ é considerado mais tardio em relação ao grupo ‘Gala’, especialmente quanto à maturação. Por outro lado, as decisões sobre as datas de colheita também levam em consideração a condição fisiológica de maturação dos frutos, (firmeza, graus brix, coloração, etc), além de outros fatores importantes, como disponibilidade de mão-de-obra, condições meteorológicas para realização da tarefa, tempo e capacidade de armazenamento dos frutos em câmaras frigoríficas, entre outros.

Entre o início e o fim da colheita também se verificou um alto coeficiente de variação para as duas cultivares. As datas médias de fim de colheita foram de 25 de fevereiro e 22 de abril para 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente (Tabela 5).

Estudando um pomar de macieiras na EPAGRI de Caçador, SC, de 1995 a 2000, Putti & Petri (2002) verificaram que a data média do estágio de ponta verde foi de 18 de setembro para 'Gala' e 15 de setembro para 'Fuji'. A duração média do subperíodo de ponta de prata e frutos verdes variou de 31 a 44 dias para 'Gala' e de 29 a 39 dias para 'Fuji', na região de Caçador.

TABELA 5. Datas média, máxima e mínima de diferentes eventos fenológicos a partir do tratamento de quebra de dormência, desvios padrão (dias) e coeficientes de variação - CV (%) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

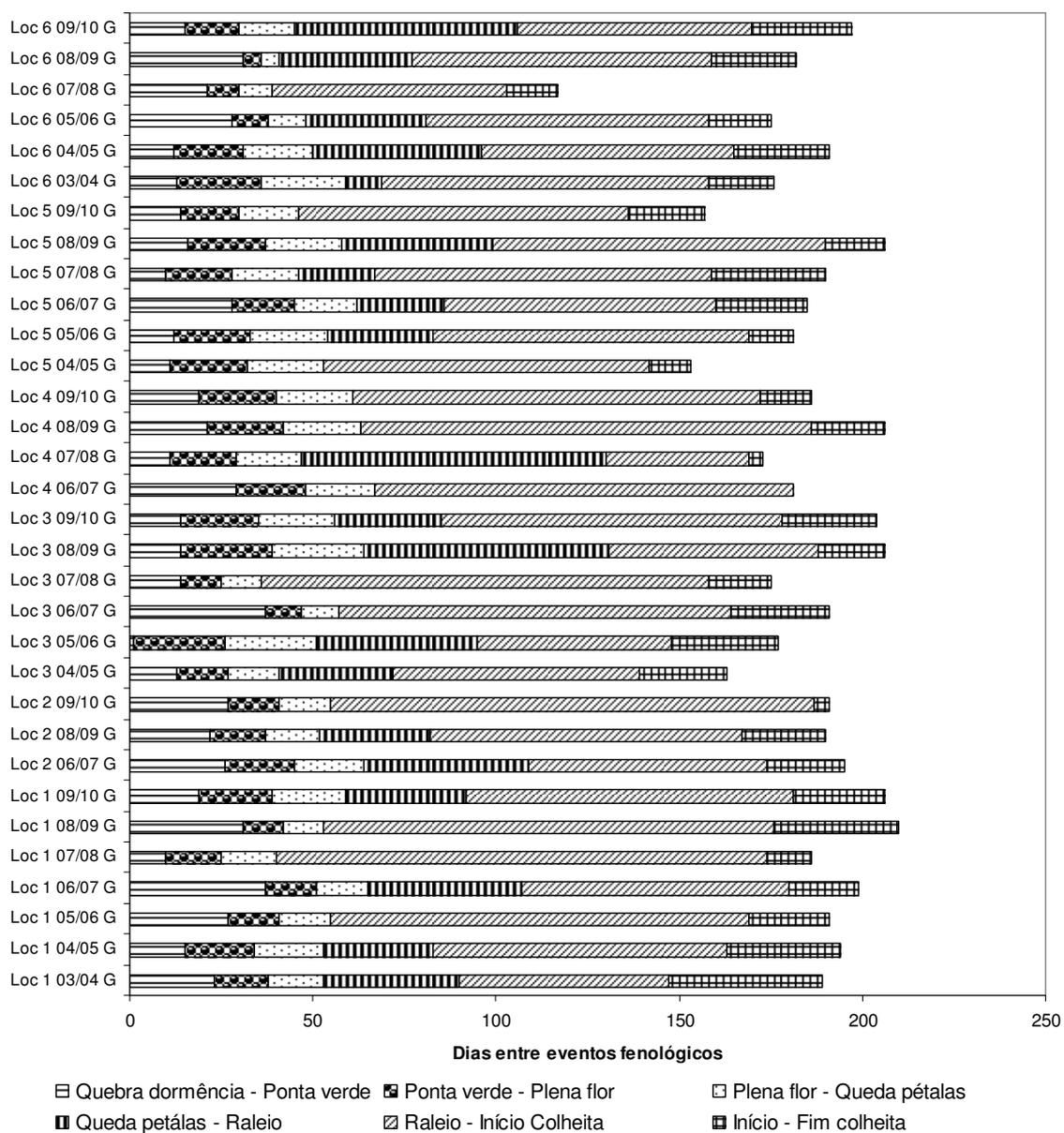
'ROYAL GALA'	Data Média	Data Max	Data Min	DESV PAD (dias)	CV (%)
Trat. Quebra dormência	30/8	17/9	23/8	6	2,5
Ponta Verde	18/9	3/10	8/9	7	2,7
Plena Flor	5/10	18/10	25/9	6	2,1
Queda de Pétalas	14/10	3/11	4/10	7	2,3
Início Raleio	20/11	3/1	30/10	15	4,6
Fim Raleio	21/11	4/1	27/10	16	4,8
Início Colheita	5/2	3/3	16/1	10	28,0
Fim Colheita	25/2	19/3	5/2	10	17,1
'FUJI SUPREMA'	Data Média	Data Max	Data Min	DESV PAD	CV (%)
Trat. Quebra dormência	29/8	12/9	15/8	6	2,4
Ponta Verde	20/9	13/10	10/9	8	3,2
Plena Flor	6/10	21/10	27/9	6	2,0
Queda de Pétalas	15/10	29/10	3/10	6	2,2
Início Raleio	20/11	25/12	21/10	15	4,5
Fim Raleio	21/11	12/12	24/10	14	4,2
Início Colheita	4/4	16/5	4/2	28	29,4
Fim Colheita	22/4	29/5	21/2	30	26,5

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda. e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

No Apêndice 12 encontram-se as datas médias para as safras de 2003/2004 a 2009/2010 de todos os locais, para cada evento fenológico da cultivar Royal Gala. Nos anos de 2006, 2008 e 2009 o tratamento de quebra de dormência foi realizado 6 a 7 dias mais cedo que a média, enquanto em 2003 e 2005 ele foi atrasado em relação à média em 7 e 8 dias, respectivamente. O estágio de ponta verde variou entre os anos, ocorrendo mais tardiamente nos anos de 2003, 2005 e 2006. As datas de plena flor e queda de pétalas apresentaram pequena variação entre anos, com 3 e 4 dias para mais ou para menos. Maiores variações entre os anos foram observadas nas datas de raleio e colheita, com 10 a 15 dias de diferença.

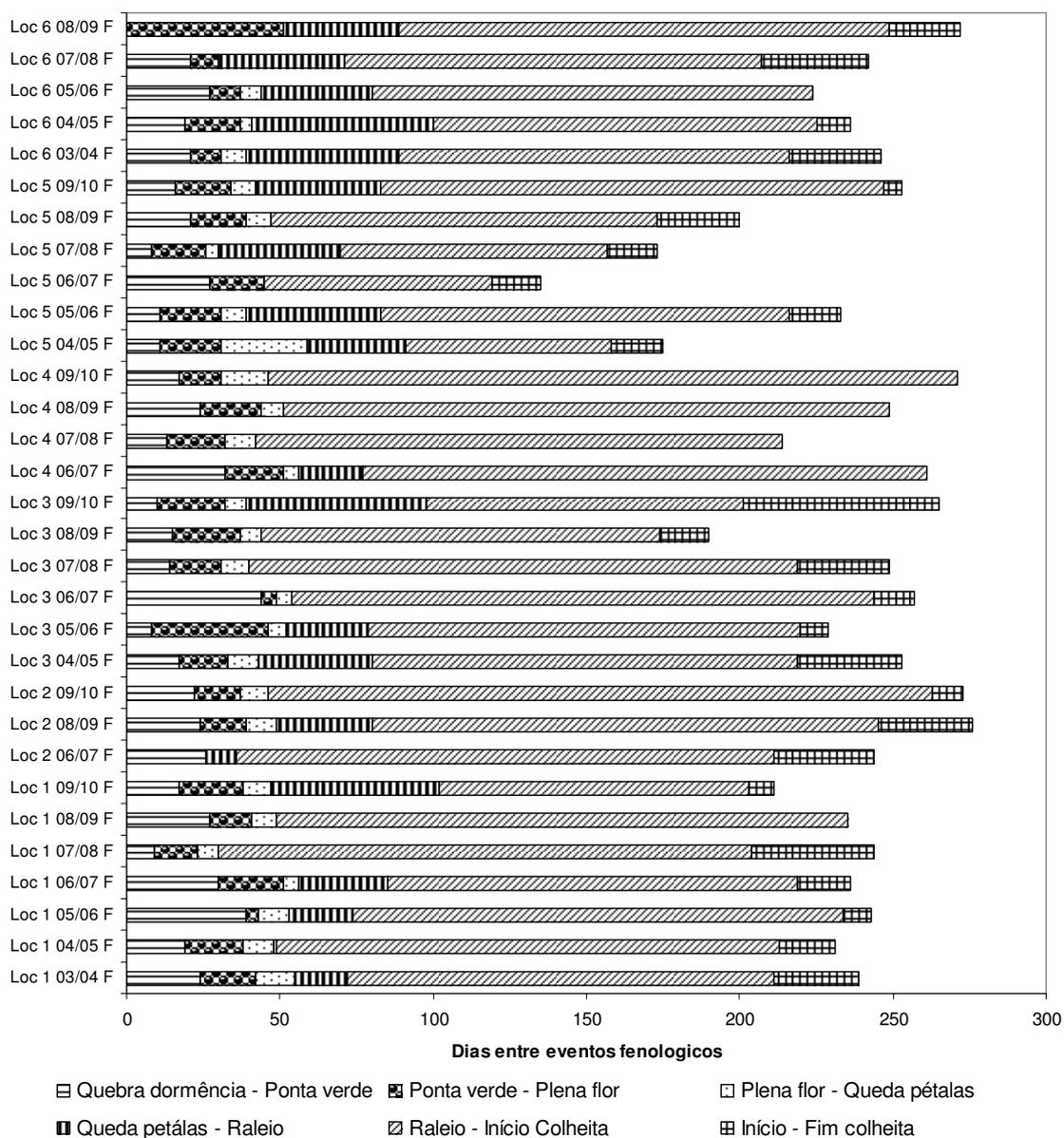
Na cultivar Fuji Suprema a variação nas datas médias anuais, entre os anos, foi semelhante àquela verificada para 'Royal Gala'. O tratamento de quebra de dormência variou em 6 dias a menos que a média, em 2006 e 2009, e 9 dias a mais, em 2003. A data do estágio de ponta verde variou em 7 dias, anteriores ou posteriores à média entre anos. Plena flor e queda de pétalas apresentaram a menor variação entre anos, de apenas 2 dias. As datas médias de raleio e colheita apresentaram as maiores variações entre os anos para 'Fuji Suprema' (Apêndice 13).

A duração do ciclo produtivo, do tratamento de quebra de dormência ao fim da colheita, teve média de 185 dias na cultivar Royal Gala, variando de 117 dias (Local 6 - 07/08) a 210 dias (Local 1 - 08/09), (Figura 29). As safras 2008/2009 e 2009/2010 foram as que apresentaram maior número de dias para completar o ciclo, da quebra de dormência ao fim da colheita, na maioria dos pomares. Para cultivar Fuji Suprema o número médio de dias do ciclo produtivo foi de 234 dias, variando de 135 dias (Local 5 - 06/07) a 276 dias (Local 2 - 08/09) (Figura 30).



Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda. e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

FIGURA 29. Dias entre eventos fenológicos do tratamento de quebra de dormência ao fim da colheita de macieiras 'Royal Gala' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.



Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda. e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

FIGURA 30. Dias entre eventos fenológicos do tratamento de quebra de dormência ao fim da colheita de macieiras 'Fuji Suprema' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.

Avaliando clones de 'Gala' e 'Fuji' enxertados sobre os porta-enxertos M-9 e Maruba/M-9 durante o primeiro ciclo produtivo, nas condições de Vacaria e do ano de 2007, Fioravanço *et al.* (2008) observaram que o grupo 'Gala' apresentou ciclo vegetativo médio de 112 a 117 dias, enquanto o grupo 'Fuji' variou de 151 a 157 dias. Os frutos dos clones do grupo 'Gala' foram colhidos em fevereiro, enquanto que os do grupo 'Fuji' foram colhidos em março. Essas diferenças no número médio de dias entre o início e o fim do ciclo produtivo, no estudo referido, podem ser atribuídas à juvenilidade das plantas, ao contrário dos pomares comerciais avaliados que se encontravam em pleno período produtivo.

Entre o tratamento de quebra de dormência e o estágio de ponta verde o número médio de dias foi de 19 e 21 (± 6 dias) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente, com os maiores coeficientes de variação do ciclo, na ordem de 30%. Até o estágio de plena flor o número médio de dias foi de 36 ± 6 para 'Royal Gala' e 38 ± 7 para 'Fuji Suprema', com coeficiente de variação de 17% (Tabela 6).

O número médio de dias entre o tratamento de quebra de dormência e a queda de pétalas da cultivar Royal Gala foi de 45 dias e para 'Fuji Suprema' de 47 dias, com coeficiente de variação de 12 e 13%, respectivamente. Para 'Royal Gala' a diferença no número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e o raleio foi de 80 dias e para 'Fuji Suprema' foi de 81 dias, com coeficiente de variação de aproximadamente 10% para as duas cultivares avaliadas.

De maneira geral as duas cultivares apresentaram fenologia muito semelhante, variando poucos dias da quebra de dormência ao raleio, havendo diferenças significativas nas datas de colheita.

As maiores diferenças, em número de dias, nos diversos estágios fenológicos foram observadas entre a quebra de dormência e a colheita. O início

de colheita ocorreu em média 156 ± 10 dias para 'Royal Gala' e 218 ± 13 dias 'Fuji Suprema' após o tratamento de quebra de dormência, com coeficientes de variação de 6 e 7%, respectivamente. A variação entre anos no intervalo compreendido entre o início e o término da colheita, teve média de 21 e 19 dias, respectivamente para 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', com variação de 5%.

TABELA 6. Número médio de dias entre os eventos fenológicos a partir do tratamento de quebra de dormência, desvios padrão (dias) e coeficientes de variação - CV (%) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Número de dias entre os eventos fenológicos						
'ROYAL GALA'	Ponta Verde	Plena Flor	Queda de Pétalas	Início Raleio	Início Colheita	Fim Colheita
2003	18	37	46	70	143	173
2004	13	31	46	73	149	172
2005	17	35	40	73	149	169
2006	31	47	52	89	161	179
2007	13	27	35	87	156	171
2008	23	39	47	88	169	192
2009	18	36	47	81	168	187
MÉDIA	19	36	45	80	156	178
DESV PAD	6	6	6	8	10	9
CV (%)	34	17	12	10	7	5

'FUJI SUPREMA'	Ponta Verde	Plena Flor	Queda de Pétalas	Início Raleio	Início Colheita	Fim Colheita
2003	23	37	47	81	214	243
2004	17	35	48	80	204	224
2005	21	39	47	79	224	234
2006	32	49	56	80	227	242
2007	13	28	36	70	200	224
2008	24	42	50	81	221	237
2009	16	34	44	95	237	255
MÉDIA	21	38	47	81	218	237
DESV PAD	6	7	6	7	13	11
CV (%)	30	17	13	9	6	5

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

Observou-se, para as duas cultivares, forte correlação negativa (com coeficiente ultrapassando -0,7) entre o número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e os estádios de ponta verde, plena flor e queda de pétalas, e as médias das temperaturas mínimas dos respectivos períodos (Tabela 7). Isto significa que quanto mais baixas forem as temperaturas mínimas maior tende a ser o número de dias para que as plantas atinjam os respectivos estádios fenológicos.

O número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e os estádios de ponta verde, plena flor e queda de pétalas também apresentaram moderada correlação negativa (coeficiente ultrapassando -0,3) com as temperaturas do ar médias e máximas, tanto para macieiras 'Royal Gala' quanto para 'Fuji Suprema'.

No início do ciclo vegetativo da macieira, quanto mais baixas forem as temperaturas mínimas, associadas a menores temperaturas máximas e médias, mais longos tendem a serem os subperíodos entre a quebra de dormência e a queda de pétalas.

O número de dias entre a quebra de dormência e o raleio apresentou baixa correlação com a temperatura do ar, nas duas cultivares. Portanto, o raleio em pomares de macieira parece estar mais relacionado a condições de manejo da planta, caso da carga de frutos e a tomada de decisão, como disponibilidade de mão de obra e uso de produtos para raleio químico, do que das condições do ambiente físico.

Tanto para 'Royal Gala' quanto para 'Fuji Suprema' o número de dias entre a quebra de dormência e o início da colheita apresentou moderada correlação positiva com as temperaturas mínimas (coeficientes de 0,5 e 0,6, respectivamente). Esta relação parece não ter sentido biológico, pois era

esperado que quanto mais elevadas fossem as temperaturas mínimas menor deveria ser o número de dias para a colheita. Este resultado contraditório, talvez, possa estar relacionado com a redução da amplitude térmica, fator importante na coloração da epiderme dos frutos, que é um dos indicadores utilizado para definir as datas de colheita, juntamente com graus Brix, em pomares de macieira.

Com relação às temperaturas máximas observou-se o contrário, já que apresentam correlação moderada negativa (coeficiente de -0,3) com o número de dias para início de colheita, para ambas cultivares. Ou seja, quanto mais elevadas foram as temperaturas máximas menor foi o número de dias para início da colheita.

Analisando todos os locais e anos, o número de dias entre estádios fenológicos apresentou altos coeficientes de variação. Observou-se que esta variabilidade é maior quando se analisam todos locais e todos os anos em relação à média das safras. Isto indica que, provavelmente, a variação entre locais se deveu mais as ações de manejo dos pomares, enquanto que a variação entre safras esteve mais relacionada às condições meteorológicas de cada ano.

TABELA 7. Coeficientes de correlação entre número de dias do tratamento de quebra de dormência a diferentes eventos fenológicos e respectivas médias de temperaturas do ar máxima, mínima e média, em macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

	'ROYAL GALA'			'FUJI SUPREMA'		
	T MAX	T MIN	T MED	T MAX	T MIN	T MED
Ponta Verde	-0.6	-0.8	-0.6	-0.7	-0.9	-0.7
Plena Flor	-0.5	-0.8	-0.7	-0.5	-0.8	-0.7
Queda de Pétalas	-0.2	-0.8	-0.5	-0.4	-0.8	-0.6
Início Raleio	-0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0
Início Colheita	-0.3	0.5	0.1	-0.3	0.6	0.0

Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

4.3.2 Fenologia das cultivares Royal Gala e Fuji Suprema em relação a graus-dia

O acúmulo térmico, na forma de somatório de graus-dia (GD) a partir do tratamento de quebra de dormência, pode explicar com maior precisão as diferenças na fenologia de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema'.

Na cultivar Royal Gala observou-se um acúmulo médio de 212 ± 35 graus-dia desde o tratamento de quebra de dormência ao estágio de ponta verde, enquanto para Fuji Suprema esse valor foi de 234 ± 40 , com coeficientes de variação semelhantes (Tabela 8).

Nos subperíodos de ponta verde à plena flor, plena flor à queda de pétalas e queda de pétalas ao raleio da 'Royal Gala' o acúmulo médio de graus-dia foi de 411, 525 e 1025 GD, respectivamente. Para a 'Fuji Suprema' os valores foram superiores em, aproximadamente, 20 graus-dia em relação à 'Royal Gala' para atingirem os mesmos estádios fenológicos.

Avaliando o acúmulo de graus-dia entre os estádios fenológicos, num pomar de macieiras 'Gala' e 'Fuji' na região de Caçador, SC, de 1995 a 2000, Putti & Petri (2002) verificaram variação entre as cultivares, para os mesmos anos. Na safra 1996/1997 o acúmulo entre ponta verde e queda de pétalas foi da ordem de 200GD, enquanto na safra 2000/2001 esses valores ficaram próximos a 400 GD. Para a cultivar Gala, em todas as safras os valores foram da ordem de 200 a 300 graus-dia acumulados, entre ponta verde e queda de pétalas. Os autores concluíram que a duração dos subperíodos varia entre anos e cultivares.

As diferenças fenológicas entre as cultivares dos grupos Gala e Fuji ficam evidentes quando se observam os valores de graus-dia acumulados até a colheita. O acúmulo total de graus-dia foi da ordem de 2300 GD para 'Royal Gala'

e 3350 GD para 'Fuji Suprema' (Tabela 8), na média de todos os ambientes (combinações de safras e locais).

TABELA 8. Graus-dia acumulados do tratamento de quebra de dormência à colheita, desvios padrão (GD) e coeficientes de variação - CV (%) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Graus-dia acumulados a partir do tratamento de quebra de dormência						
'ROYAL GALA'	Ponta verde	Plena flor	Queda pétalas	Raleio	Início Colheita	Fim colheita
2003	201	442	566	887	2042	2536
2004	196	416	599	937	2186	2561
2005	159	382	465	929	2247	2597
2006	274	477	562	1087	2393	2705
2007	220	370	483	1214	2381	2643
2008	209	379	457	1035	2367	2741
2009	223	412	546	1090	2652	3010
MÉDIA	212	411	525	1025	2324	2685
DESV PAD	35	38	56	115	192	161
CV (%)	16	9	11	11	8	6

'FUJI SUPREMA'	Ponta verde	Plena flor	Queda pétalas	Raleio	Início Colheita	Fim colheita
2003	247	430	581	1061	3196	3599
2004	229	463	623	1025	3125	3437
2005	184	413	521	977	3415	3527
2006	312	541	645	997	3592	3849
2007	220	381	483	978	3122	3460
2008	235	408	492	941	3256	3499
2009	211	394	509	1339	3749	3948
MÉDIA	234	433	551	1045	3351	3617
DESV PAD	40	55	65	135	244	201
CV (%)	17	13	12	13	7	6

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda.; Rubifrut Agroindustrial Ltda.; Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

Analisando as diferenças em graus-dia verifica-se menor variabilidade no acúmulo de graus-dia para a maioria dos estádios fenológicos entre safras, em comparação com o número de dias. Para as duas cultivares o acúmulo térmico do tratamento de quebra de dormência à ponta verde apresentou coeficientes de variação entre 16 e 17%, para 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente

(Tabela 8). Observa-se uma redução de aproximadamente 50% na variabilidade entre os anos quando se utiliza graus-dia como ferramenta para descrever a fenologia.

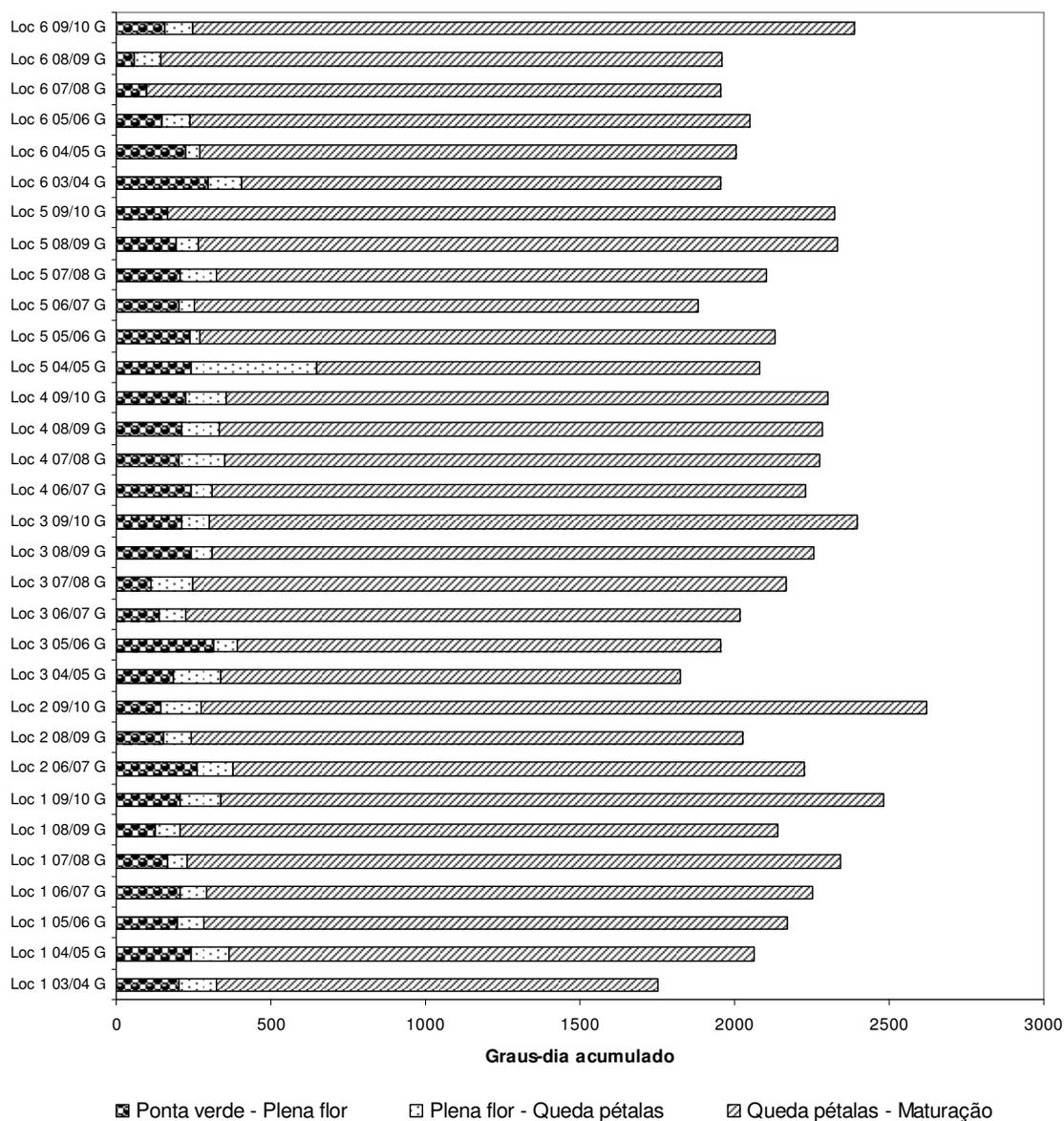
Os eventos de plena flor e queda de pétalas apresentaram coeficientes de variação de 9 e 11% para 'Royal Gala' e de 13 e 12 % para 'Fuji Suprema'. Os menores coeficientes de variação de graus-dia acumulados foram observados entre o início e fim da colheita do grupo Gala (8 e 6%) e Fuji (7 e 6%).

As reduções nos coeficientes de variação de graus dia foram observadas principalmente para os eventos iniciais de ponta verde e plena flor, não se mantendo para os eventos seguintes. Esse pode ser mais um indicativo de que a variação das temperaturas apresenta maiores influências nas fases iniciais da cultura do que no restante do ciclo.

Analisando o conjunto de ambientes (anos e locais) para 'Royal Gala' o acúmulo médio de graus-dia foi de 2155 ± 197 GD, variando entre 1754 GD, local 1 na safra 2003/2004 e 2623 GD local 2 na safra 2009/2010, do estágio de ponta verde ao início de colheita, considerando-a como maturação (Figura 31).

Na cultivar Royal Gala, o acúmulo de graus-dia entre os estágios de ponta verde e plena flor apresentou coeficiente de variação de 29% entre os locais e anos. Entre plena flor e queda de pétalas a variação em GD acumulados foi pequena, à exceção do local 05 na safra 2004/2005, quando a queda de pétalas se prolongou em aproximadamente o triplo do acumulado médio.

A variação no acúmulo de graus-dia até a queda de pétalas no local 05 e safra 2004/2005 pode ter sido causada por falhas na anotação de dados, do caderno de campo, visto que esse evento foi observado para ambas cultivares, no mesmo local, mas que não foi detectado em nenhum dos outros locais avaliados.



Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda.; Rubifrut Agroindustrial Ltda.; Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 31. Graus-dia acumulados entre eventos fenológicas, de ponta verde à maturação (início de colheita) de macieiras 'Royal Gala' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.

No período entre a queda de pétalas e a maturação, a variação no acúmulo de graus-dia foi de 1.428 a 2.349 GD, que pode ser atribuída à variação do início da colheita entre diferentes locais e anos. Ou seja, diferenças nas datas de colheita resultaram em maior ou menor acúmulo de graus-dia entre os anos.

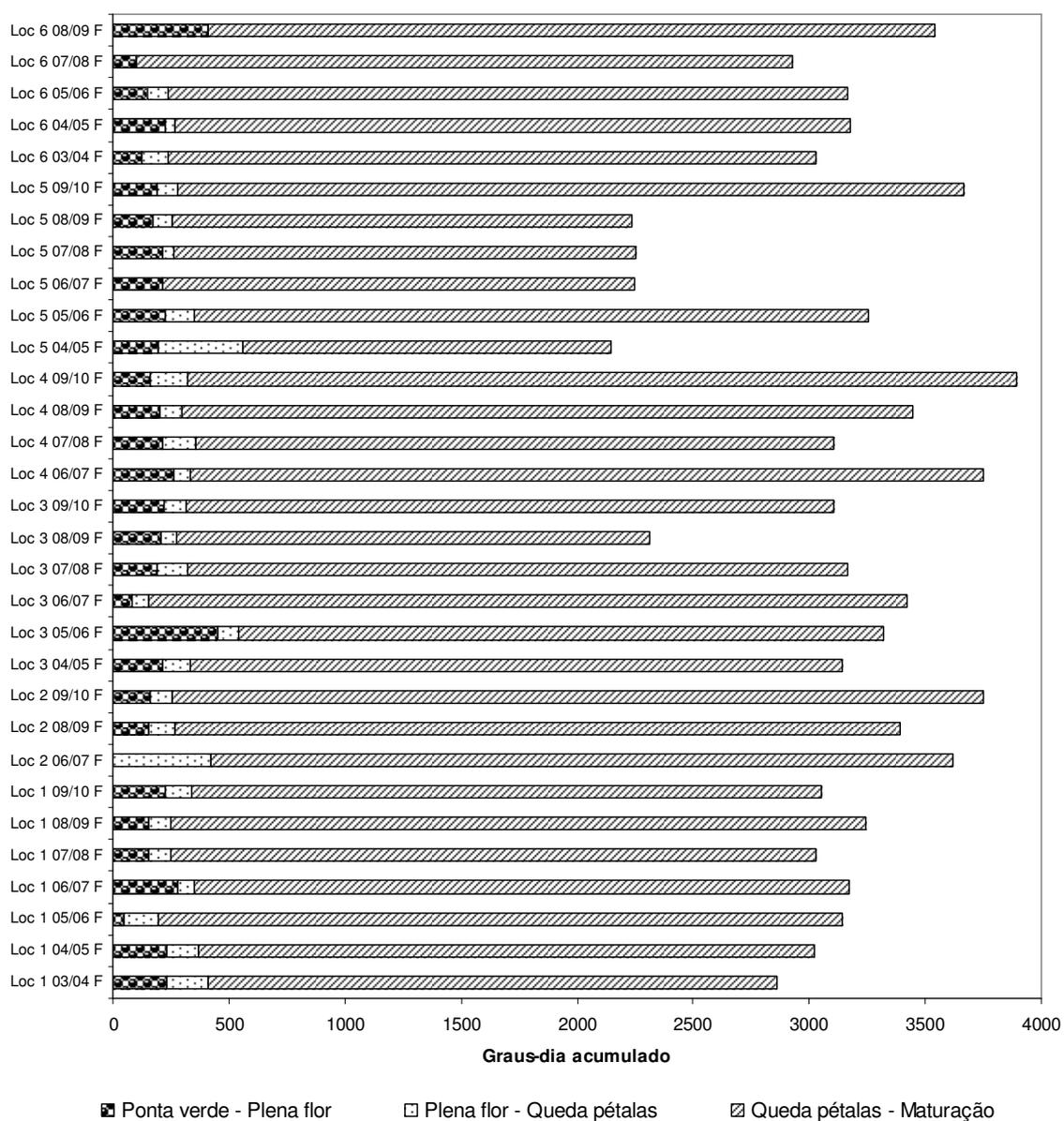
Na cultivar Royal Gala as safras 2003/2004 e 2004/2005 apresentaram os menores acúmulos de graus-dia, com 1.500 GD na maioria dos locais, enquanto nas safras 2008/2009 e 2009/2010 houve maiores acúmulos de graus-dia, com aproximadamente 1.900 GD em 2008/2009, ultrapassando 2.300 GD em 2009/2010.

Na cultivar Fuji Suprema o acúmulo de graus-dia médio para o ciclo completo foi de 3.116 ± 465 GD, variando de 2.144 a 3.895 graus-dia no local 05 na safra 2004/2005 e local 04 na safra 2009/2010, respectivamente (Figura 32).

Nos períodos de ponta verde à plena flor e à queda de pétalas os valores de graus-dia acumulados foram de 203 ± 80 e 124 ± 83 GD, respectivamente. Nestes dois subperíodos observam-se quatro ambientes (locais e anos) em que um dos dados é faltante, por falhas nas anotações nos cadernos de campo, o que resultou em maior acúmulo de graus-dia no evento subsequente.

Considerando o período da queda de pétalas à colheita a variação de graus-dia acumulados foi de 1.580 GD (local 5 na safra 2004/2005) a 3.570 GD (local 4 na safra 2009/2010), com média de todos os ambientes de 2.808 ± 473 GD. Neste subperíodo observam-se três padrões de acúmulo de graus-dia entre anos e locais: um grupo que acumulou entre 1.100 e 2.000 GD, sendo a maioria pertencente ao local 5; um grupo maior com acúmulo entre 2.100 e 2.900 GD; e um grupo com valores acima de 3.000 GD, principalmente das safras 2008/2009 e 2009/2010.

Os maiores acúmulos de graus-dia para colheita tanto de 'Royal Gala' como para 'Fuji Suprema' estão relacionados à safra de 2008/2009 e 2009/2010. De forma geral, essas diferenças se devem mais a questões de manejo. Segundo anotações nos cadernos de campo dos pomares, nas últimas safras, em função da escassez de mão-de-obra no período de colheita, tem-se aplicado produtos químicos aos frutos, próximo a colheita, visando à redução do processo de maturação e retenção de frutos nas plantas por maior período de tempo. A aplicação desses produtos para retardar a maturação e reduzir a queda de frutos podendo prolongar o período de colheita em 15 a 20 dias. Consequentemente há aumento do número de dias até a colheita, resultando em maior acúmulo térmico.



Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda.; Rubifrut Agroindustrial Ltda.; Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

FIGURA 32. Graus-dia acumulados entre eventos fenológicas, de ponta verde à maturação (início de colheita) de macieiras 'Fuji Suprema' em seis pomares e sete safras. Vacaria, RS, 2003/2004 a 2009/2010.

4.4 Modelagem da fenologia de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ na região de Vacaria

4.4.1 Estimativa de início de brotação em função do acúmulo de frio

Os modelos de regressão para estimativa do número de dias para início da brotação em função do acúmulo de frio demonstraram baixa associação entre número de dias para brotação e acúmulo de frio (Tabela 9). Observou-se alta dispersão de dados para todos os modelos, mesmo com a utilização de diferentes critérios e métodos de cálculo de acúmulo de frio. Os coeficientes de determinação para todos foram baixos e não apresentaram significância estatística (Tabela 9).

Os baixos coeficientes de determinação entre número de dias para brotação e o frio acumulado, a partir de uma data pré-fixada, indicam que esses modelos não apresentam precisão e acurácia para serem utilizados na estimativa de datas de brotação das cultivares avaliadas, nas condições de cultivo comercial da região de Vacaria. A falha no desempenho desses modelos é atribuída à utilização de produtos indutores de brotação e floração nos pomares da região que mascaram o efeito do frio, pois estimulam a brotação mesmo quando as necessidades de frio das cultivares não tenham sido totalmente supridas (Petri *et al.*, 2006).

Cabe destacar que outros fatores podem estar envolvidos, como a concentração dos produtos no tratamento de quebra de dormência, qualidade da aplicação, volume, condições meteorológicas no momento da aplicação, etc.

A correlação entre o número de dias para brotação e o total de frio acumulado foi fraca a moderada para todos os métodos e critérios de cômputo de frio utilizados, seja através do número de horas de frio ou unidades de frio. Os coeficientes de correlação variaram entre 0,24 e 0,40, sendo significativos

somente a 10% de probabilidade de erro. À exceção do modelo Ponderado, esses coeficientes foram negativos, indicando uma tendência de menor número de dias para início da brotação quando houve maior acúmulo de frio, tanto em macieiras 'Royal Gala' quanto 'Fuji Suprema', mesmo sob o efeito de indutores de brotação. Putti & Petri (2002) também observaram tendência de menor tempo médio para início da brotação em anos com maior acúmulo de unidades de frio recebido durante a dormência.

TABELA 9. Modelos de estimativa de número de dias para brotação a partir de 1° de maio em função de frio acumulado, calculado pelos modelos de Horas de Frio (HF) abaixo de 7,0°C e Horas Frio Ponderado, e modelos de Unidade de Frio (UF) Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Frio acumulado	'ROYAL GALA'	R²	r
Horas Frio < 7,0°C	Dias p/ brotação = - 0,0372HF+165,8	0,11	- 0,33
Horas Frio Ponderada	Dias p/ brotação = 0,0101UF Pond +135,2	0,01	0,07
Unidade Frio Utah	Dias p/ brotação = - 0,0209UF Utah+157,4	0,09	- 0,30
Unidade Frio Utah Modificado	Dias p/ brotação = - 0,0202UF Utah Mod+157,9	0,08	- 0,28
Unidade Frio Carolina Norte	Dias p/ brotação = - 0,0306UF C. Norte+160,7	0,13	- 0,36
Unidade Frio Carolina N. Modificado	Dias p/ brotação = - 0,0324UF C. Norte Mod+164,4	0,16	- 0,40

Frio acumulado	'FUJI SUPREMA'	R²	r
Horas Frio < 7,0°C	Dias p/ brotação = - 0,0211HF+155,3	0,06	- 0,24
Horas Frio Ponderada	Dias p/ brotação = - 0,0024UF Pond.+143,7	0,00	- 0,01
Unidade Frio Utah	Dias p/ brotação = - 0,0214UF Utah+157,6	0,15	- 0,39
Unidade Frio Utah Modificado	Dias p/ brotação = - 0,0216UF Utah Mod+159	0,13	- 0,36
Unidade Frio Carolina Norte	Dias p/ brotação = - 0,0271UF C. Norte+158,4	0,16	- 0,40
Unidade Frio Carolina N. Modificado	Dias p/ brotação = - 0,0252UF C. Norte Mod+159,1	0,15	- 0,39

Por outro lado, analisando a dispersão de pontos observou-se que ela é maior quando houve baixo acúmulo de frio, para todos os modelos testados, com exceção do método de cálculo Ponderado, tanto para macieiras 'Royal Gala' (Figura 33) quanto para 'Fuji Suprema' (Figura 34).

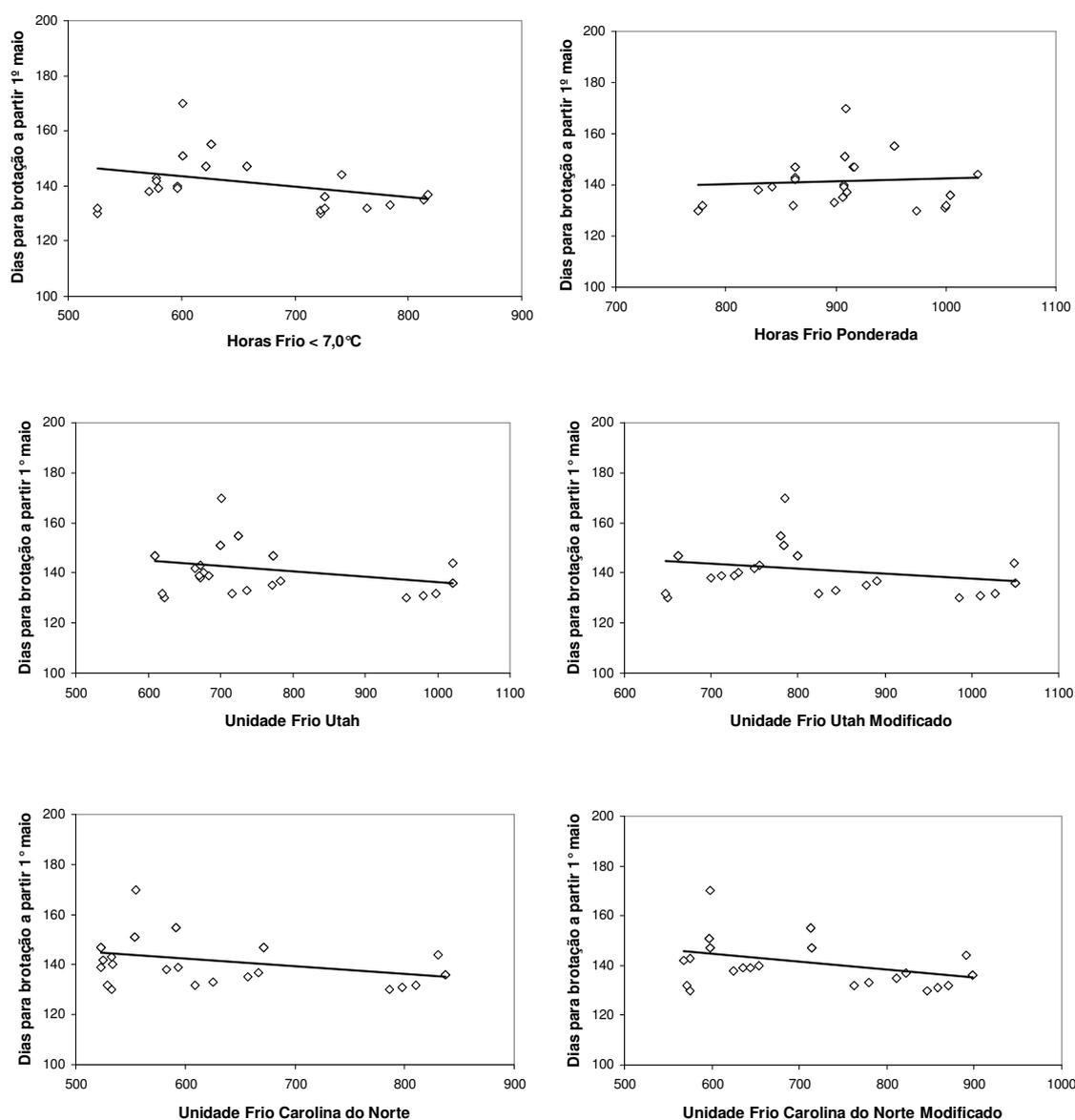


FIGURA 33. Modelos de estimativa de número de dias para brotação a partir de 1º de maio em função de frio acumulado, calculado pelos modelos de Horas de Frio (HF) abaixo de 7,0°C e Horas Frio Ponderado, e modelos de Unidade de Frio (UF) Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, para macieiras 'Royal Gala' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

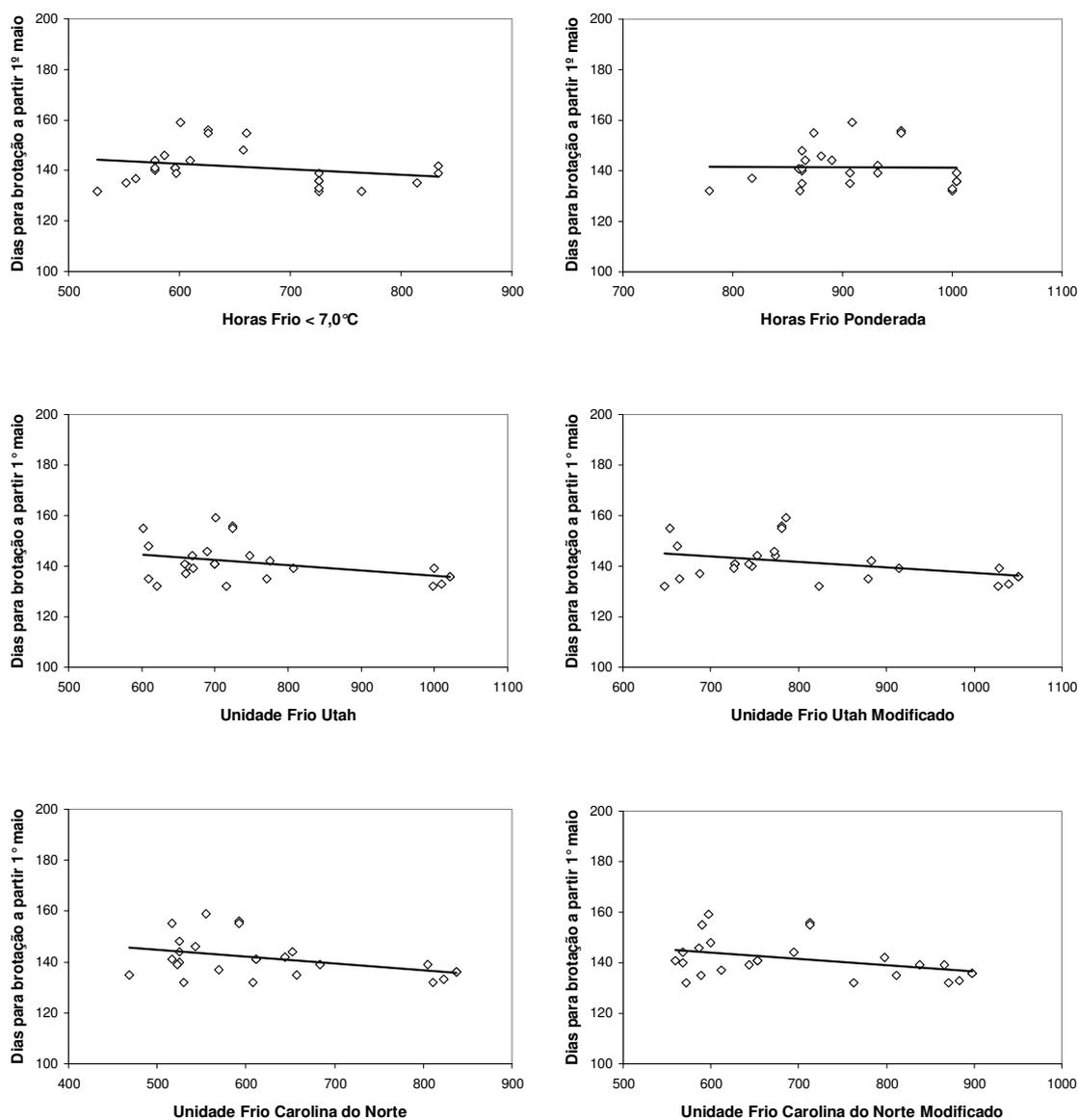


FIGURA 34. Modelos de estimativa de número de dias para brotação a partir de 1º de maio em função de frio acumulado, calculado pelos modelos de Horas de Frio (HF) abaixo de 7,0°C e Horas Frio Ponderado, e modelos de Unidade de Frio (UF) Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, para macieiras 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Quanto ao número de horas de frio, a menor dispersão de pontos foi observada entre 700 e 800 HF, para ambas cultivares. Em unidades de frio os valores foram da ordem de 1.000 UF calculadas pelo modelo de Utah e Utah Modificado e 800 UF, quando calculadas pelos modelos Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado. Esses valores de acúmulo de frio correspondem, em média, a 135 ± 6 dias após 1° de maio para início da brotação de 'Royal Gala' e 135 ± 3 para 'Fuji Suprema', com maior coeficiente de variação para a primeira cultivar.

Putti *et al* (2003a) determinaram a necessidade de frio de seis cultivares de macieira, quanto ao número de dias para a brotação das gemas, e verificaram menor tempo para brotação quando as gemas receberam 1.590 unidades de frio, para todas as cultivares avaliadas. Quando as cultivares receberam 479 UF no campo, a 'Gala' necessitou maior número de dias para a brotação (32 dias), seguida da Fuji com 28 dias. Os autores concluíram que o maior ou menor tempo médio para brotação pode estar relacionado não somente às necessidades de frio da cultivar, mas também às exigências térmicas para a brotação.

Putti *et al* (2000) observaram que quanto maior o número de unidades de frio acumulado na endodormência, menor foi o tempo para início da brotação e menor foi a necessidade de unidades de calor para brotação. Além disso, ramos que receberam aproximadamente 500 unidades de frio no campo necessitaram mais de 20.000 unidades térmicas, enquanto aqueles que foram submetidos 1.900 unidades de frio necessitaram menos de 10.000 unidades térmicas para a brotação.

Os resultados deste estudo, em pomares que receberam aplicação de produtos químicos para superação da dormência, concordam com aqueles relatados por outros autores em experimentos de laboratório, em que as

necessidades de frio foram supridas artificialmente, demonstrando que anos com maior acúmulo de frio no campo apresentam tendência de menor número de dias para brotação, na região de Vacaria.

4.4.2 Estimativa de eventos fenológicos após o tratamento de quebra de dormência

4.4.2.1. Modelos lineares para estimativa de número de dias para eventos fenológicos em função de graus-dia

Os modelos de regressão para estimar o número de dias após a quebra de dormência para eventos fenológicos de ponta verde ao fim da colheita, em função de graus-dia acumulados apresentaram, de maneira geral, resultados satisfatórios, com coeficientes de determinação significativos para todos os casos e ambas cultivares avaliadas. O erro médio dos modelos, avaliado pela raiz do quadrado médio do erro (RQME), variou de 3,7 a 8,2 dias para os diferentes eventos (Tabela 10).

Observando a série de dados que geraram os modelos para estimar o número de dias para ponta verde, plena flor e queda de pétalas verificou-se grande dispersão de pontos em torno da reta de ajuste do modelo, tanto para 'Royal Gala' (Figura 35) quanto para 'Fuji Suprema' (Figura 36).

Os modelos para estimativa de número de dias para atingir o estágio de ponta verde em função de graus-dia apresentaram coeficientes de determinação diferentes, de 0,71 para 'Royal Gala' e 0,54 para 'Fuji Suprema'. Este pode ser um indicativo de diferenças na necessidade de frio das cultivares, uma vez que apenas 50% da variabilidade do número de dias para ponta verde na 'Fuji Suprema' é explicada pelo acúmulo de graus-dia, enquanto para 'Royal Gala' esse parâmetro explica 70% da variabilidade.

Na 'Fuji Suprema' os coeficientes de determinação foram inferiores aos da 'Royal Gala' também para plena flor, queda de pétalas e início de raleio. Para esses estádios fenológicos o acúmulo de graus-dia após a quebra de dormência explica em torno de 50 a 60% da variabilidade no número de dias após o

tratamento de quebra de dormência. Esse é mais um indicativo de que, ressaltados erros de observação e registro de dados, o somatório de graus-dia não é o único fator a determinar a ocorrência dos primeiros eventos fenológicos como ponta verde, plena flor e queda de pétalas.

Os valores da raiz do quadrado médio do erro (RQME) indicam semelhança entre o desempenho dos modelos para os eventos de ponta verde, plena flor e queda de pétalas, de ambas cultivares (entre 4,4 e 4,8 dias), e menores erros para o início de raleio de 3,7 dias para 'Royal Gala' e 4,2 dias para 'Fuji Suprema'.

Os melhores ajustes foram observados para os eventos de início de raleio, início e fim de colheita, que tiveram menor dispersão de pontos e pequenas diferenças entre as cultivares. Para 'Royal Gala' o melhor ajuste foi observado para estimativa de raleio ($R^2 = 0,94$) e para 'Fuji Suprema' ele se deu na estimativa de número de dias para início de colheita ($R^2 = 0,95$). Estes coeficientes indicam que mais de 90% da variabilidade no número de dias para raleio e colheita podem ser explicados pelo acúmulo de graus-dia.

O erro médio dos modelos foi maior para os eventos de colheita do que para os anteriores. A raiz do quadrado médio do erro (RQME) para o número de dias entre o início e fim da colheita foi menor na 'Royal Gala' (6,1 dias) que em 'Fuji Suprema' (8,2 dias). É válido lembrar que os eventos de raleio e colheita são determinados pela condição fisiológica das plantas, mas tem o fator humano de decisão envolvido.

TABELA 10. Modelos de regressão linear para estimativa do número de dias após o tratamento de quebra de dormência (Dias QD) para os eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas, início de raleio, início e fim de colheita em função de graus-dia acumulados (GDacum), coeficiente de determinação do modelo (R^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME - dias) para macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Fase fenológica		'ROYAL GALA'	R²	RQME
Ponta verde	Dias QD = 0,0924 GDacum - 1,56		0.71	4.4
Plena flor	Dias QD = 0,0873 GDacum - 1,54		0.63	4.5
Queda pétalas	Dias QD = 0,0688 GDacum - 8,58		0.59	4.8
Início raleio	Dias QD = 0,0634 GDacum - 15,25		0.94	3.7
Início colheita	Dias QD = 0,0479 GDacum - 44,77		0.83	5.3
Fim colheita	Dias QD = 0,0485 GD acum - 46,25		0.74	5.6

Fase fenológica		'FUJI SUPREMA'	R²	RQME
Ponta verde	Dias QD = 0,0774 GDacum - 2,08		0.54	4.6
Plena flor	Dias QD = 0,0798 GDacum - 2,81		0.58	4.8
Queda pétalas	Dias QD = 0,0675 GDacum - 9,45		0.57	4.8
Início raleio	Dias QD = 0,0632 GDacum - 15,41		0.92	4.2
Início colheita	Dias QD = 0,0584 GDacum - 23,35		0.95	6.1
Fim colheita	Dias QD = 0,0698 GD acum - 15,62		0.91	8.2

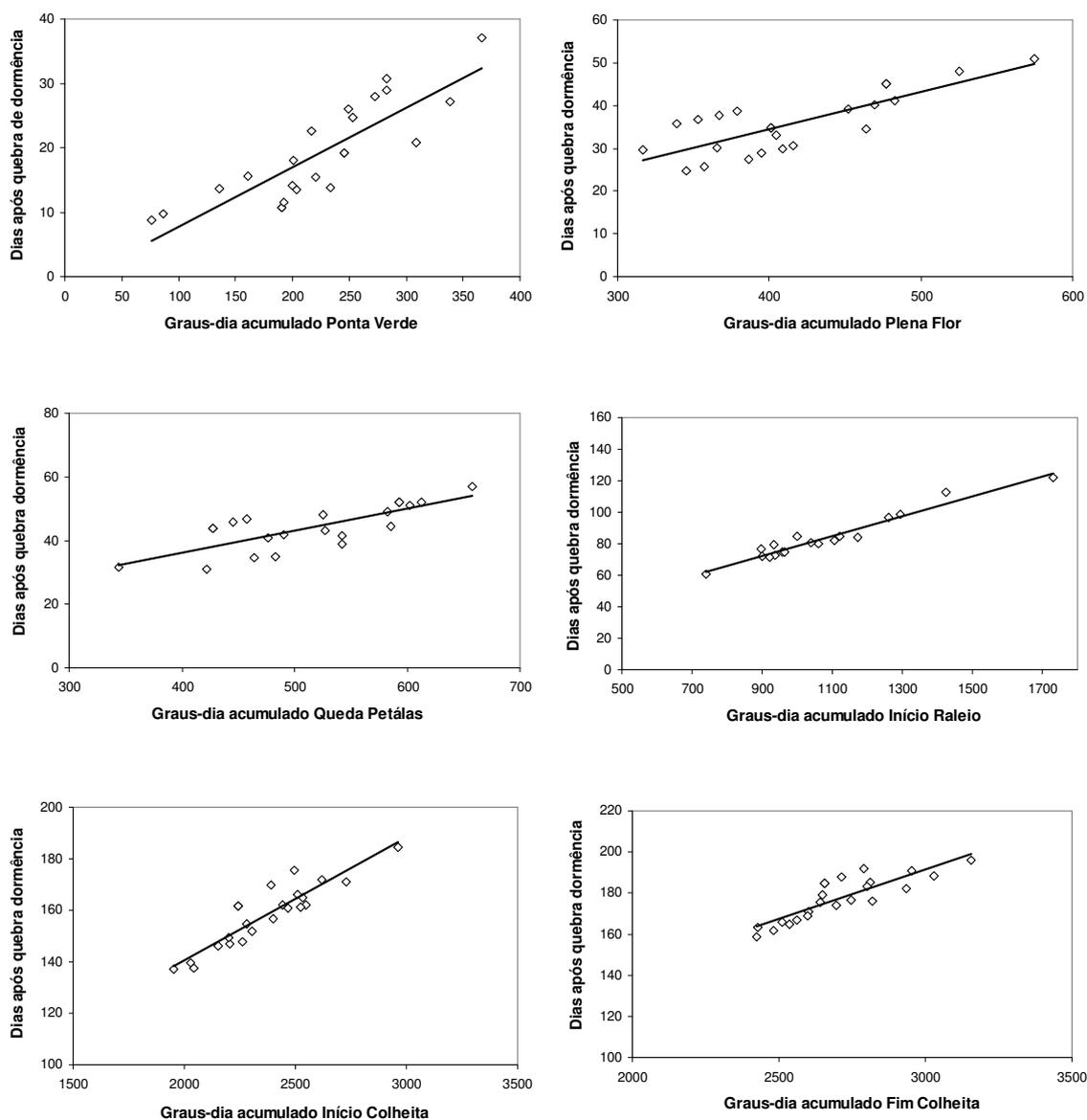


FIGURA 35. Modelos de regressão linear para estimativa do número de dias após o tratamento de quebra de dormência para os eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas, início de raleio, início e fim de colheita em função de graus-dia acumulados para macieiras 'Royal Gala' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

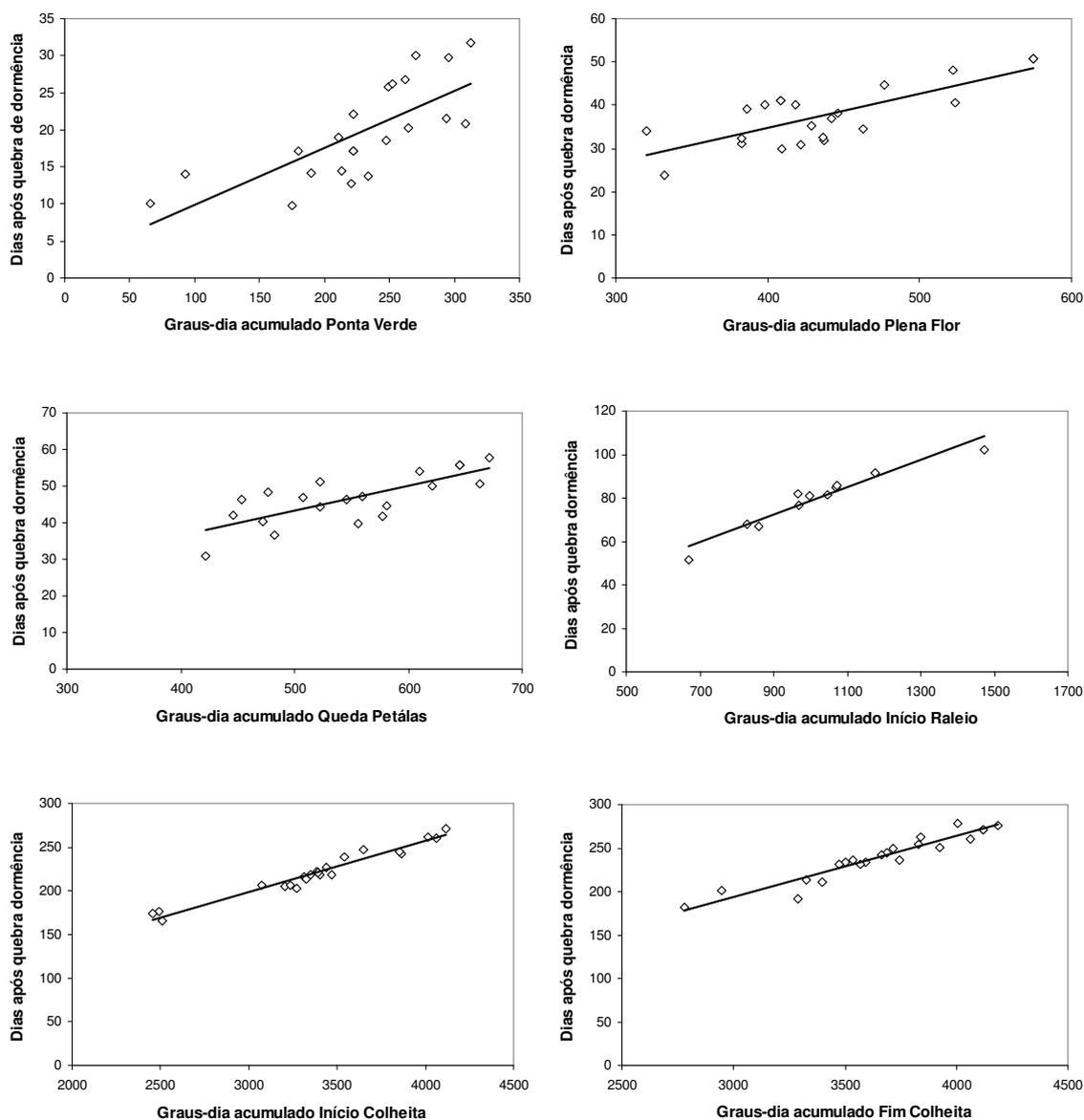


FIGURA 36. Modelos de regressão linear para estimativa do número de dias após o tratamento de quebra de dormência para os eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas, início de raleio, início e fim de colheita em função de graus-dia acumulados para macieiras 'Fuji Suprema' em seis locais, nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

4.4.2.2 Teste dos modelos lineares de graus-dia

O número de dias após o tratamento de quebra de dormência estimado pelos modelos foi comparado com valores observados a campo, apresentando ajustes satisfatórios para a maioria dos eventos fenológicos das duas cultivares avaliadas (Figuras 37 e 38).

Na cultivar Royal Gala as estimativas de número de dias para ponta verde e plena flor foram as que apresentaram a maior dispersão de pontos em relação à linha 1:1, com baixos coeficientes de determinação (Figura 37). Para ponta verde o modelo tendeu a subestimar o número de dias, enquanto para plena flor o modelo apresentou acurácia (exatidão), porém baixa precisão. Para queda de pétalas os valores observados e estimados apresentaram ajuste próximo à linha 1:1, porém com dispersão de pontos. O início de colheita tendeu a ser superestimado pelo modelo, porém com alto coeficiente de determinação. Para o início e fim de colheita os ajustes apresentaram diferenças, sendo que o primeiro teve acurácia, porém baixa precisão, enquanto que para fim de colheita observou-se melhor ajuste.

Para macieiras 'Fuji Suprema' os ajustes entre valores estimados e observados foram melhores que para 'Royal Gala'. Para ponta verde, plena flor e queda de pétalas, embora se tenham mantido próximos à linha 1:1 os modelos tenderam a subestimar o número de dias para cada evento fenológico. Observou-se dispersão de pontos e baixo coeficiente de determinação ($R^2=0,39$) para estimativas de dias para plena flor (Figura 38). As estimativas para raleio e fim de colheita apresentaram ajuste satisfatório, embora com tendência a superestimar o número de dias para cada evento. O melhor ajuste foi observado para estimativa de início de colheita da 'Fuji Suprema', que apresentou elevada acurácia e precisão.

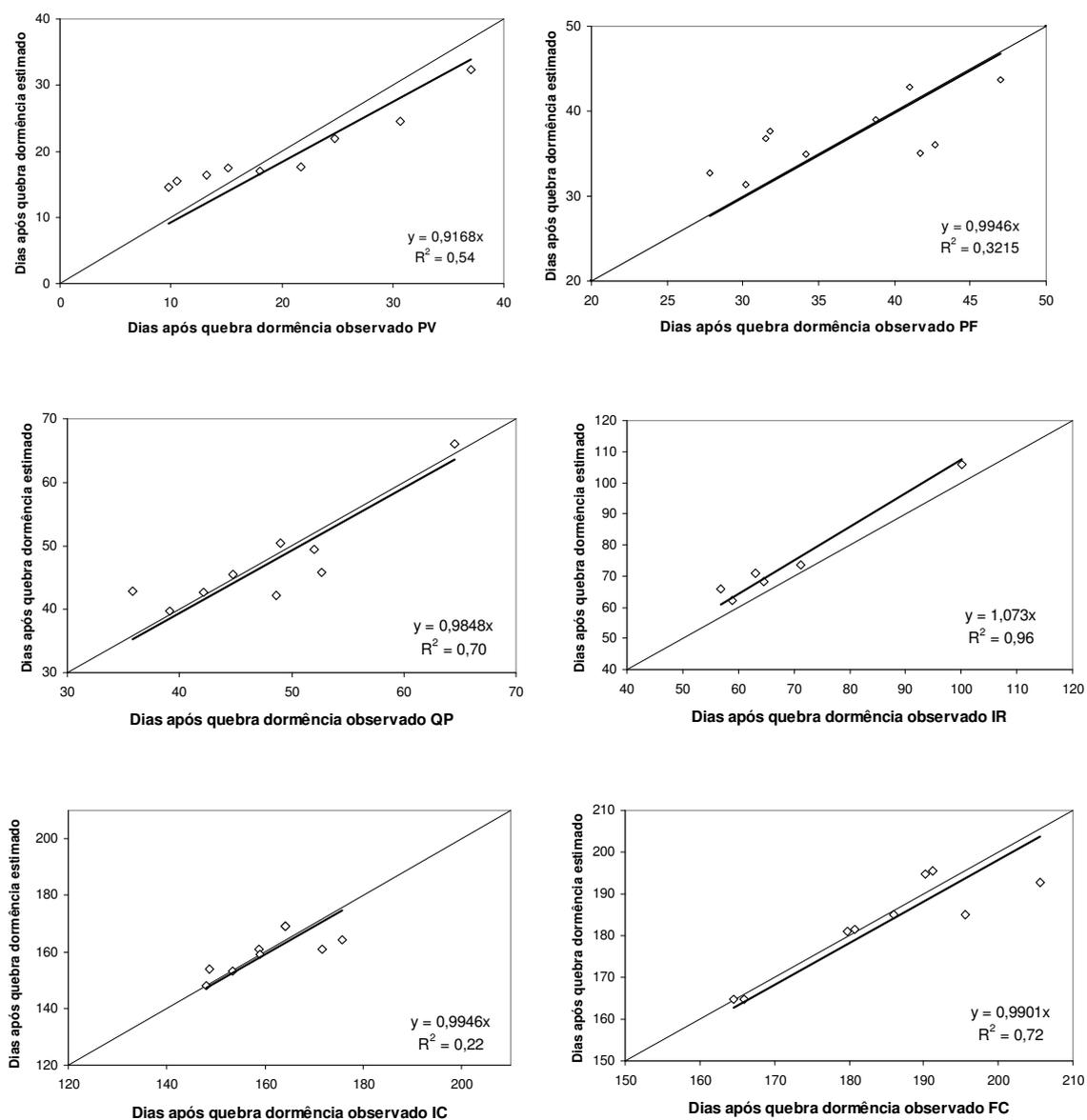


FIGURA 37. Regressão linear do número de dias estimado após o tratamento de quebra de dormência e observado para os eventos fenológicos de ponta verde (PV), plena flor (PF), queda de pétalas (QP), início de raleio (IR), início de colheita (IC) e fim de colheita (FC) para 'Royal Gala' nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

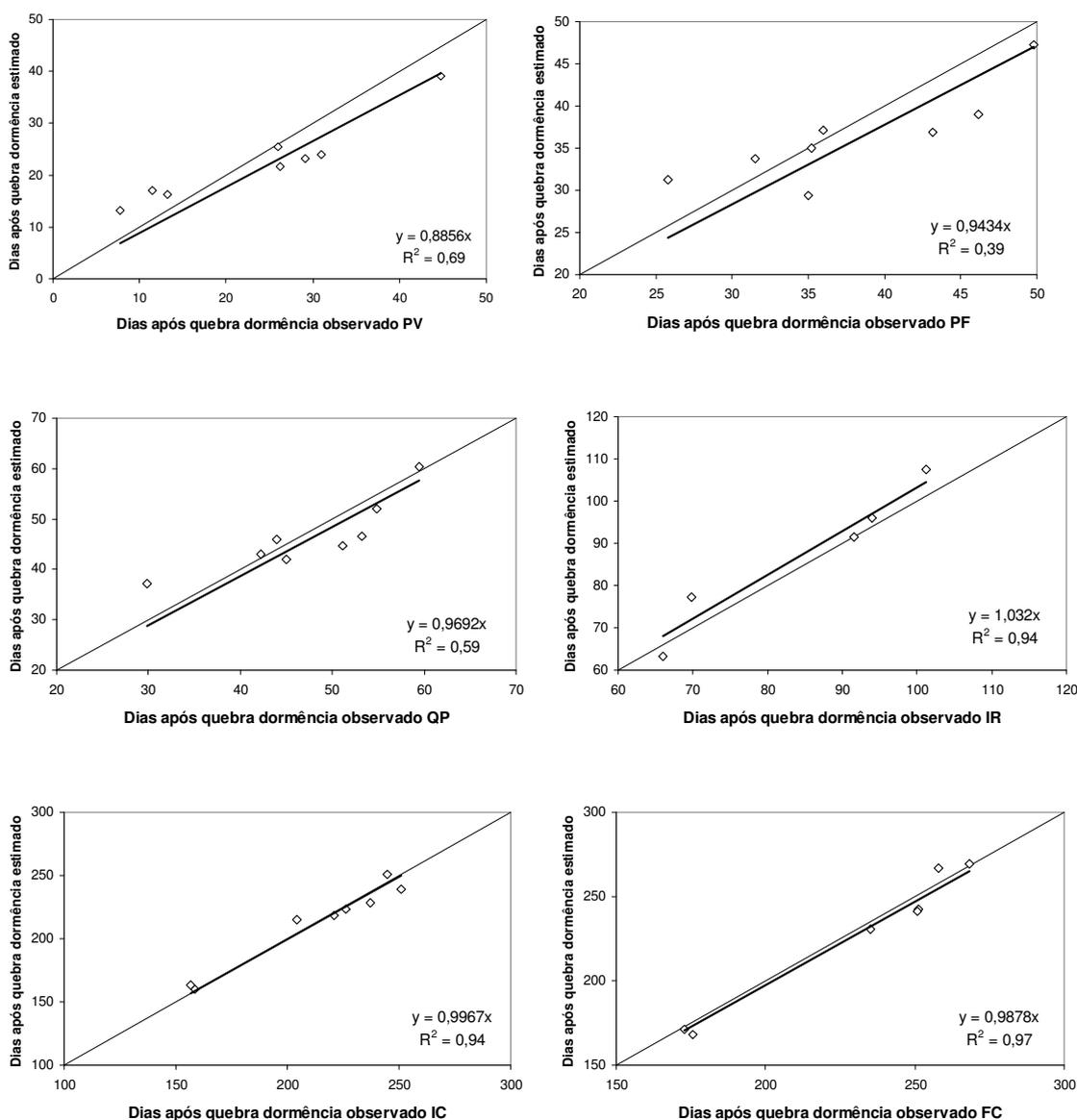


FIGURA 38. Regressão linear do número de dias estimado após o tratamento de quebra de dormência e observado para os eventos fenológicos de ponta verde (PV), plena flor (PF), queda de pétalas (QP), início de raleio (IR), início de colheita (IC) e fim de colheita (FC) para 'Fuji Suprema' nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

4.4.2.3 Estimativa de número de dias para eventos fenológicos através de modelos de regressão multivariada

Em geral, a inclusão das temperaturas mínimas e médias dos períodos compreendidos entre o tratamento de quebra de dormência e os eventos fenológicos avaliados melhorou o desempenho dos modelos, aumentando os coeficientes de determinação e reduzindo a raiz do quadrado médio do erro, em comparação aos modelos lineares de graus-dia apresentados no item anterior.

Visando melhorar a estimativa de número de dias para o estágio de ponta verde, além das temperaturas máximas, mínimas e médias do período foi adicionado à análise multivariada o acúmulo de frio hibernal obtido pelos diferentes métodos de cálculo descritos anteriormente. A inclusão do número de horas de frio e unidades de frio apresentou baixa contribuição aos modelos, em função da baixa correlação ($r=0,1$ a $0,3$) com o número de dias e o somatório de graus-dia para ponta verde, não tendo sido considerados como variáveis que melhoram os modelos.

O modelo para estimativa do número de dias para o estágio de ponta verde apresentou melhor ajuste com a inclusão da média das temperaturas mínimas do período, com coeficientes de determinação ajustado de 0,93 e 0,96 para 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente. A raiz do quadrado médio do erro dos modelos diminuiu de 4,4 para 2,1 dias em 'Royal Gala' e de 4,6 para 1,4 dias na 'Fuji Suprema' (Tabela 11).

Para os eventos de plena flor e queda de pétalas, para as duas cultivares, os melhores modelos ajustados foram os que incluíram as temperaturas mínimas e médias do período, com coeficientes de determinação ajustado de 0,97 para 'Royal Gala' e 0,99 para 'Fuji Suprema'. O número de dias para os eventos de plena flor e queda de pétalas tende a diminuir quanto maiores forem as

temperaturas mínimas e médias do período. Para os dois eventos fenológicos os respectivos erros médios dos modelos foram de 1,7 e 1,8 dias para estimativa de plena flor e ponta verde para 'Royal Gala' e de 1,0 e 0,9 dias na 'Fuji Suprema', enquanto que nos modelos que consideravam somente o acúmulo de graus-dia eles foram de 4,5 e 4,8 dias, respectivamente.

A estimativa de início de colheita apresentou o melhor ajuste quando foram consideradas as temperaturas mínimas do ar no período, associadas ao acúmulo de graus-dia, para as duas cultivares.

O menor coeficiente de determinação ajustado (0,82) foi observado para estimativas de início de colheita na 'Royal Gala', com erro médio de 5,4 dias. Em macieiras 'Fuji Suprema' o coeficiente de determinação ajustado para início de colheita foi de 0,97, na estimativa do número de dias em função do acúmulo térmico e temperaturas mínimas do período. O erro médio do modelo foi de 4,4 dias, sendo praticamente a metade do erro do modelo de graus-dia (8,2 dias).

Analisando todos os modelos observou-se que o número de dias para cada um dos eventos avaliados pode ser explicado em função do maior ou menor acúmulo térmico, na forma de graus-dia acumulados. As temperaturas mínimas apresentam-se como condicionantes negativas, ou seja, aumentam o número de dias para cada evento fenológico à medida que forem mais baixas, enquanto as temperaturas médias apresentaram esse efeito negativo somente sobre os eventos de plena flor e queda de pétalas.

TABELA 11. Modelos de regressão múltipla para estimativa de dias após o tratamento de quebra de dormência (Dias QD) para os eventos fenológicos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas e início de colheita, coeficiente de determinação ajustado do modelo (R^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME - dias) para 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema'. Vacaria, RS.

Fase fenológica		'ROYAL GALA'	R² ajus	RQME
Ponta Verde		Dias QD = 0,09 GDacum - 1,72Tmin + 12,3	0.93	2.1
Plena Flor		Dias QD = 0,08 GDacum - 0,93Tmin - 2,17Tmed + 42,0	0.94	1.7
Queda Petálas		Dias QD = 0,08 GDacum - 0,81Tmin - 2,75Tmed + 49,7	0.94	1.8
Início Colheita		Dias QD = 0,055 GDacum - 4,27Tmin + 80,1	0.82	5.4

Fase fenológica		'FUJI SUPREMA'	R² ajus	RQME
Ponta Verde		Dias QD = 0,09 GDacum - 1,83Tmin + 14,4	0.96	1.4
Plena Flor		Dias QD = 0,08 GDacum - 0,70Tmin - 2,49Tmed + 44,4	0.98	1.0
Queda Petálas		Dias QD = 0,08 GDacum - 0,76Tmin - 3,01Tmed + 54,1	0.98	0.9
Início Colheita		Dias QD = 0,065 GDacum - 8,81Tmin + 113,5	0.97	4.4

4.4.2.4 Teste dos modelos de regressão multivariada

Verificaram-se altos coeficientes de determinação entre os valores estimados pelos modelos e observados (dados independentes), para as duas cultivares avaliadas (Tabela 12).

Para macieiras ‘Royal Gala’ os melhores ajustes foram observados nas estimativas de número de dias para queda de pétalas e ponta verde, seguidos dos eventos de plena flor e colheita. O menor erro absoluto médio foi observado na estimativa de dias para plena flor (1,3 dia), enquanto o maior erro se verificou na estimativa de início de colheita (4,0 dias).

TABELA 12. Média (dias), erro absoluto médio (EAM, dias) e coeficiente de determinação (R^2) para número de dias observados e estimados por modelos de regressão multivariada, referentes a eventos de ponta verde, plena flor, queda de pétalas e início de colheita de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ em diferentes locais e anos. Vacaria, RS.

Teste Modelos		‘ROYAL GALA’			‘FUJI SUPREMA’		
		Média	EAM	R^2	Média	EAM	R^2
Ponta Verde	Observado	20,4			23,9		
	Estimado	19,2	2,7	0,92	22,6	1,7	0,97
Plena Flor	Observado	37,0			38,0		
	Estimado	37,0	1,3	0,90	36,7	1,4	0,98
Queda de pétalas	Observado	48,0			47,6		
	Estimado	47,9	1,5	0,94	47,6	0,9	0,99
Início Colheita	Observado	160,2			212,6		
	Estimado	159,8	4,0	0,82	212,5	4,1	0,98

Os dados observados e estimados não diferiram entre si a 1% pelo teste t.

Para ‘Fuji Suprema’ os coeficientes de determinação foram de 0,97 para estimativa de dias para o estágio de ponta verde e 0,99 para a queda de pétalas. O erro absoluto médio foi de apenas 0,9 dia para a queda de pétalas e de 4,1 dias para início de colheita.

Todos os modelos de regressão multivariada apresentaram melhores estimativas que os modelos de regressão simples com graus-dia, com maiores coeficientes de determinação, maior acurácia e precisão, sendo, portanto, mais indicados para estimativa do número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e os eventos fenológicos considerados.

Esses modelos, tanto os que consideram somente graus-dia, quanto os que incluem temperaturas mínimas e médias podem ser aplicados para diferentes finalidades. Modelos empíricos tendem a ser restritos a regiões para as quais foram desenvolvidos. No entanto, como os parâmetros de entrada dos modelos são, de certa forma, universais para as culturas é provável que possam ser utilizados na caracterização fenológica de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em outras regiões, semelhantes ou próximas à área onde os mesmos foram desenvolvidos. No entanto, a validação dos modelos com dados de novos locais é sempre recomendável para sua utilização.

Com a melhoria no desempenho dos modelos de prognósticos climáticos os modelos de estimativa de fenologia poderão vir a ser alimentados a partir dessas informações tornando-se "preditivos", no sentido de simular possíveis alterações de ciclo, em anos cujas temperaturas mínimas sejam inferiores às normais, por exemplo. Do mesmo modo, tendências climáticas também poderão ser utilizados para estimar riscos e impactos de mudanças climáticas, sobretudo relacionadas à temperatura do ar, sobre a fenologia da cultura da macieira em regiões produtoras do sul do Brasil.

5 CONCLUSÕES

No município de Vacaria, RS o número de unidades de frio necessário para superação da dormência de gemas de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' não é suprido naturalmente, mesmo em anos com maior disponibilidade de horas de frio.

O número de horas de frio não deve ser utilizado como único parâmetro indicativo para recomendar o cultivo da macieira em novas regiões ou caracterizar as necessidades de novos genótipos.

Os meses de maio, junho e julho são os que mais contribuem para o total de frio acumulado no período de dormência de macieiras, no município de Vacaria.

Em macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' que recebem tratamento artificial de quebra de dormência não é possível estimar a data de brotação a partir do acúmulo de frio, no período outono-inverno. Porém, em anos com maior acúmulo de frio, macieiras destas cultivares reduzem o número de dias que antecedem a brotação.

No município de Vacaria, a variação na fenologia de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' entre safras está relacionada às condições meteorológicas de cada ano, especialmente às variações na temperatura do ar.

O número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e os estádios de ponta verde, plena flor e queda de pétalas diminui com aumento das

temperaturas mínimas dos respectivos períodos, em macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema'.

Em macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' o número de dias entre o tratamento de quebra de dormência e eventos fenológicos posteriores pode ser estimado a partir do acúmulo de graus-dia. Por outro lado, a estimativa de ocorrência de estádios fenológicos após o tratamento de quebra de dormência é mais precisa com o emprego de modelos de regressão multivariada que incluem graus-dia acumulados e temperaturas mínimas e médias.

Há tendência temporal significativa de aumento da temperatura mínima do ar. O número de horas de frio apresenta tendência significativa de redução. A precipitação pluvial média da primavera apresenta tendência significativa de aumento, no município de Vacaria.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAPOMI. Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã. 2010. Disponível em: <<http://www.agapomi.com.br/dadosestatisticos.php>>. Acesso em: 12 jan 2010.

ALTHAUS, D.; BERLATO, M. A. Tendência observada das temperaturas máximas e mínimas e da amplitude térmica do Estado do Rio Grande do Sul, período 1936 - 2000. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2007. CD-ROM.

AMAP. Associação de Produtores de Maçã e Pêra de Santa Catarina. 2006. Disponível em: <www.amap-sc.com.br/>. Acesso em: Julho 2008.

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

ARAÚJO, M. B. A. **Estudo da variabilidade climática em regiões homogêneas de temperaturas médias do ar no Rio Grande do Sul**. 2005. 54 f Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

ARGENTA, L. C. Fisiologia pós-colheita: maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 691-732.

ASHCROFT, G. L; RICHARDSON, E. A; SEELEY, S. D. A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees. **HortScience**, Alexandria, v. 12, n. 4, p. 347-349, 1977.

ÁVILA, A. M. H. **Regime de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. 1994. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ÁVILA, A. M. H.; BERLATO, M. A.; SILVA, J. B. DA; FONTANA, D. C.. Probabilidade de ocorrência de precipitação mensal igual ou maior que a evapotranspiração para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 149-154, 1996.

BERLATO, M. A.; ALTHAUS, D. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, 2010. No prelo.

BERLATO, M. A.; FONTANA D. C. **El Niño e La Nina**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 110 p.

BERLATO, M. A.; MARTINS, E. J. CORDEIRO, A. P. A.; ODERICH, E. H. Tendência observada da precipitação pluvial anual e estacional do Estado do Rio Grande do Sul e relação com a temperatura da superfície do mar do Oceano Pacífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: SBA, 2007. CD-ROM.

BERLATO, M. A.; MELO, R. W. FONTANA, D. C.. Risco de ocorrência de granizo no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 121-132, 2000.

BERLATO, M. A.; SUTILI, V. R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de 3 cultivares de Milho (*Zea mays*, L.) In: REUNIÃO TÉCNICA DE MILHO E SORGO, 21., 1976, Porto Alegre. [**Anais**], 1976.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 111-113, 1995.

BIANCHI, V. J.; ARRUDA, J. J. P. CASAGRANDE, J. G.; HERTER, F. G. Estudo da paradormência em pereira por meio do método biológico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 22, n. 2, p. 294-296, 2000.

BLEICHER, J. A cultura da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 29-36.

BONETI, J. I. S.; CESA, J. D.; PETRI, J. L.; BLEICHER, J. Evolução da cultura da macieira. In: EPAGRI. **A Cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006a, p. 37-57. 2006a.

BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. BLEICHER, J. Doenças da macieira. In.: EPAGRI. **A Cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006b, p. 527 – 608, 2006b.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M. Influence of temperature on the dynamics of ATP, ADP and non-adenylic triphosphate nucleotides in vegetative and floral peach buds during dormancy. **Tree Physiology**. Oxford, v. 20, p. 615-6121, 2000.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MÜLLER, M. M. L. Somatória de horas de frio e de unidades de frio em diferentes regiões do Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba. v. 7, n. 1-2, p. 89-96, 2006.

BRAGA, H. J.; SILVA Jr, V. P.; PANDOLFO, C. PEREIRA, E. S. Zoneamento de riscos climáticos da cultura da maçã no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 439-445, 2001.

BRAGA, H. J. **Previsão agrícola: uma nova abordagem - Uso de scanner aerotransportável e redes neurais**. 1995. 150 f Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico - Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1995.

BRDE - Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. Agência de Porto Alegre. Superintendência de Planejamento. **Cadeia produtiva da maçã: produção, armazenagem, comercialização, industrialização e financiamentos do BRDE na Região Sul do Brasil**. Porto Alegre: BRDE, 2005. 65 p.

BRITTO, F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 2, n. 2, p. 35 – 51, 2006.

BRITTO, F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño oscilação sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 2, n. 2, p. 37 – 48, 2008.

BURIOL, G. A.; FERREIRA, M.; ESTEFANEL, V. Variabilidade das temperaturas médias mensais e estacionais do ar no estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 4, n. 3, p. 271-294, 1974.

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 113-168.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; DIDONÉ, I. A.; BUENO, A. C.; TRINDADE, J. K.; SAWASATO, J. T. **Radiação Solar Global Decendial no Estado do Rio Grande do Sul: tabelas de probabilidades**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2007. (Séries Técnicas FEPAGRO, n. 3). Disponível em: <www.fepagro.rs.gov.br>. Acesso em: 06 de julho de 2009

CARVALHO, R. I. N.; ZANETTE, F. Dinâmica da dormência de gemas de dois anos de macieira 'Imperial Gala' em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 389-391, 2004a.

CARVALHO, R. I. N.; ZANETTE, F. Dinâmica da dormência de gemas de macieira 'Imperial Gala' durante o outono e inverno em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 65-68, 2004b.

CHARIANI, K.; STEBBINS, R. L. Chilling requirements of apple and pear cultivars. **Fruit Varieties Journal**, Pensilvânia, v. 48, n. 4, p. 215-222, 1994.

CONRADO, H.; KIM, I. S.; PRESTES, S.D. Estudo climatológico da precipitação diária no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, 1998 CD-ROM.

CORDEIRO, A. P. A. **Tendências climáticas das variáveis meteorológicas originais, estimadas e das derivadas do balanço hídrico seriado do Rio Grande do Sul**. 2010. 274 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

COUVILLON, G. A.; EREZ, A. Influence of prolonged exposure to chilling temperatures on budbreak and heat requirement for bloom of several fruit tree species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, p. 47–50, 1985.

CUSTÓDIO, M. de S.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul, Brasil: Climatologia e tendência temporal. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 15, n.1, p. 45-52, 2009.

DINIZ, G.; BERLATO, M. A.; CLARKE, R.; FONTANA, D. C. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máxima e mínima do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria: v. 11, n. 2, p. 303 - 312, 2003.

DINIZ, G. B.; SALDANHA, R. L. Influência do evento La Niña no regime de precipitação e temperatura na cidade de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis-SC, **Anais...** Florianópolis, 1999. p. 1587-1592. CD-ROM.

DOYLE, M. E.; BARROS, V. B. Precipitation Trends in Southeastern South America: Relationship with ENSO Phases. In: ICSHMO, 8., Foz do Iguaçu, 2006. **Proceedings...** Foz do Iguaçu, 2006. p. 1513-1517.

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

EL-AGAMY, S. Z., MOHAMED, A. K. A., MOSTAFA, F. M. A. AND ABDALLAH, A.Y. Effect of GA₃, Hydrogen Cyanamid And Decapitation on Budbreak and Flowering of Two Apple Cultivars under the Warm Climate of Southern Egypt. **Acta Horticulturae**, Hague, v. 565, p. 109-114, 2001.

EPAGRI. **Monitoramento do Frio**. 2009. (Informe Técnico, Epagri, Estação Experimental de Caçador. n° 005/09). Disponível em: <www.epagri.sc.gov.br>. Acesso em: 18 de agosto de 2010.

EREZ, A.; COUVILLON, G. A. Characterization of the moderate temperature effect on peach bud rest. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, p. 677-680, 1987.

EREZ, A.; COUVILLON, G. A.; HENDERSHOTT, C. H. The effect of cycle length chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds. **Journal American Society Horticulture Science**, Alexandria, v. 104, p. 573-576, 1979.

EREZ, A.; LAVÉE, S. The effect of climatic condition development of peach buds: temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 96, n. 6, p. 711-714, 1971.

ESTEFANEL, V.; BURIOL, G. A.; SACCOL, A. V. Variabilidade e probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v8, n4, p 363-384, 1978.

FAO. **The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database**. Rome, 1996.

FAUST, M.; EREZ, A.; RAWLAND, L. J.; WANG, S.Y.; NORMAN, H. A. Bud dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 623-629, 1997.

FIORAVANÇO, J. C.; ALMEIDA, G. K.; NACHTIGALL, G. R.; CZERMAINSKI, A. B. C.; BERNARDI, J.; OLIVEIRA, P. R. D. Fenologia de clones de 'Gala' e 'Fuji' e cultivares de macieira sobre dois porta-enxertos em Vacaria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória, ES. [**Anais...**]. Vitória, 2008.

FIORAVANÇO, J. C.; CZERMAINSKI, A. B. C.; ALVES, S. A. M.; NACHTIGALL, G. R. **Condições Meteorológicas e sua Influência na Safra de Maçã 2009/2010 na Região de Vacaria, RS**. [Bento Gonçalves]: Embrapa Uva e Vinho, 2010a. (Comunicado Técnico n° 100.)

FIORAVANÇO, J. C.; GIRARDI, C. L.; CZERMAINSKI, A. B. C.; SILVA, G. A.; NACHTIGALL, G. R.; OLIVEIRA, P. R. DIAS de. **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal**. [Bento Gonçalves]: Embrapa Uva e Vinho, 2010b. (Série Documentos, 71)

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 135-145, 2002.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

GONÇALVES, A. M.; MARCELINO, B. C. Estudo da variabilidade climática através das repetições de anomalias de temperaturas máximas diárias, para o Rio Grande do Sul In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 11, Florianópolis, SC, 1999, **Anais...** Florianópolis, 1999.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T.; ABREU DE SOUSA, J. R.; ALVES, L.M., AMBRIZZI, T.; BAEZ, J.; BARBOSA DE BRITO, J. I., BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GRIMM, A. M.; DOS SANTOS, R. J.; KAROLY, D.; MARENGO, J. A.; MARINO, M.B.; MEIRA, P. R.; MIRANDA, G. C.; MOLION, L.; MUNCUNIL, D. F.; NECHET, D.; ONTANEDA, G.; QUINTANA, J.; RAMIREZ, E.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; VARILLAS, I. T.; VILLANUEVA, J. G.; VINCENT, L.; YUMICO, M. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, Boston, v. 19, n. 8, p. 1490-1512, 2006.

HELDWEIN A. B.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; PRESTES, S. D. DISPONIBILIDADE DE HORAS DE FRIO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL: 1 – OCORRÊNCIA DE VALORES ACUMULADOS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 747-754, 2000.

HERTER, F. G.; MACHADO, L. B.; OLIVEIRA, M. F. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Carrick, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 261-264, 2001.

HERTER, F. G.; RAGEAU, R.; BONHOMME, M.; MAUGET, J.C. Determinação do término da dormência e floração para algumas cultivares de macieira: comparação entre métodos biológicos e empíricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 77-81, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 14 mar 2010.

IFC - Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. 2001. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em: 26 fev, 2011.

IPAGRO. **Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul**. [Porto Alegre]: Instituto de Pesquisa Agropecuário, 1989.

IUCHI, V. L. Botânica e fisiologia. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, p. 59-104. 2006.

IUCHI, V. L.; IUCHI, T.; BRIGHENTI, E.; DITRICH, R. Quebra da dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh) em São Joaquim, SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 1, p. 168-174, 2002.

JACKSON, J. E. Light interception and utilization by orchard systems. **Horticultural Reviews**, New York, v. 2, p. 208–267. 1980.

LANG, G. A.; EARLY, J. D.; MARTÍN, G. C.; DARNELL, R. L. Endo, para and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **Hortscience**, Alexandria, v. 22, p. 371-378, 1987.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e textos, 2000. 531 p.

LEITE, G. B.; PETRI, J. L.; MONDARDO, M. Efeito da tela antigranizo em algumas características dos frutos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 714-716, 2002.

MACHADO, J. P.; BLANK, D. M. P.; ZONTA, J. H.; JUSTINO, F. B. Comportamento da precipitação e da temperatura no Rio Grande do Sul baseado na análise de agrupamento. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49 - 63, 2010.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Zoneamento **Agrícola**. 2009. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica->

agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>. Acesso em: 04 out 2010.

MARCELINO, I. P. V. O.; MENDONÇA, M.; RUDORFF, F. M. Ocorrência de granizo no Estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 795-805. CD-ROM.

MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, Malden, v. 28, n. 7, p. 893-904, 2008.

MATZENAUER, R.; BUENO, A. C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DIDONÉ, I. A.; MALUF, J. R. T.; HOFMANN, G.; TRINDADE, J. K.; STOLZ, A.; SAWASATO, J. T.; VIANA, D. R. Regime de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1-2, p. 63, 2005.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel, 1981. 376 p.

MOTA, F. S.; ALVES, E. G. P. Regiões edafoclimáticas preferenciais para macieira no Rio Grande do Sul. **Horti Sul**, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 18-24, 1990.

NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; KERSTEN, E.. Local para o cultivo de frutíferas. In: FRUTICULTURA: fundamentos e práticas. (Série Livro, Embrapa Clima Temperado) Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/3.2.htm>. Acesso em: 20 jan 2011.

NACHTIGALL, G. R., CAMELATTO, D. Efeito da mistura de nitrato de cálcio com thidiazuron, cianamida hidrogenada e óleo mineral na superação da dormência de macieiras (*Malus domestica*, Borkh.) cv. Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 2, p. 183-187, 1997.

OLIVEIRA, I. V. de M.; LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, J. E. de M.; SILVA, R. R. S. da; CAVALCANTE, I. H. L. Caracterização fenológica, pegamento e produção de macieiras da variedade 'Eva' em Petrolina – PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais...** Natal: SBF, 2010a.

OLIVEIRA, I. V. de M.; LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, J. E. de M.; SILVA, R. R. S. da; CAVALCANTE, I. H. L. Caracterização fenológica, pegamento e produção de macieiras da variedade 'Princesa' em Petrolina - PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais...** Natal: SBF, 2010b.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1981. 425 p.

ORTEGA-FARÍAS, S.; FLORES, L.; LEÓN, L. Elaboración de una tabla predictiva de diámetros de manzanas cv. Granny Smith usando los grados días acumulados. Nota científica. **Agricultura Técnica**, Chile, v. 64, n. 4, p. 624-632, 2002.

PALLADINI, L. A.; PETRI, J. L. Eficiência de diferentes volumes e concentrações de calda para quebra de dormência na macieira cultivar “Gala”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1491-1495, 1999.

PEREIRA, T. P.; FONTANA, D. C.; BERGAMASCHI, H. O Clima da Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul: condições térmicas e hídricas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 15, n. 2. p. 145-157, 2009.

PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 229-260.

PETRI, J. L. Indução de brotação de gemas de macieira por cianamida hidrogenada e óleo mineral sob influência da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 71-75, 1997.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLA, A. C. Dormência e indução da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 261-298.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P.; MATOS, C. S.; POLA, A. C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110 p. (Boletim Técnico, 75).

POLA, C. A., BLEICHER, J.; BERNARDI, J. Previsão do início de brotação em macieira, cultivar Gala. **Revista Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 24-28, 1994.

PUCHALSKI, L. A. **Efeitos Associados ao El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e no déficit hídrico no Estado do Rio Grande do Sul**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PUTTI, G. L.; MENDEZ, M. E. G.; PETRI, J. L. Unidades de frio e de calor para a brotação de macieira (*Malus Domestica*, Borck), “Gala” e “Fuji”. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 3, p. 194-196, 2000.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L. Estádios fenológicos da macieira nas cultivares Gala, Fuji e Golden Delicious. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis v. 15, n. 3, 2002.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Efeito da intensidade do frio no tempo e percentagem de gemas brotadas em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 199-202, 2003a.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 210-212, 2003b.

RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S. D.; WALKER, D. R.; ANDERSON, J. L. M.; ASHCROFT, G. L. Pheno-climatography of spring peach bud development. **HortScience**, Alexandria, v.10, n.3, p. 236-237, 1975.

RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S. D.; WALKER, D. R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. **HortScience**, Alexandria, v. 1, p. 331-332, 1974.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento / EMBRAPA-CNPT, 1994. 2 v.

ROETZER, T.; WITTENZELLER, M.; HAECKEL, H.; NEKOVAR, J.. Phenology in central Europe – differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. **International Journal of Biometeorology**. Milwaukee, v. 44, n. 2, p. 60-66. 2000.

SCHWARTZ, M. D. **Phenology: An Integrative Environmental Science**. Hardcover: Tasks for Vegetation Science, v. 39, 592 p, 2003.

SENTELHAS, P. C. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais de sua medida, variabilidade especial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith**. 2004. 161 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SHALTOUT, A. D.; UNRATH, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 6, p. 957-961, 1983.

SOSTER, M. T. B.; LATORRE, A. F. Avaliação da fenologia das cultivares de macieira Imperatriz, Imperatriz Gala e Fuji em pomar em Bom Retiro, SC. **Biotemas**, Florianópolis, v. 20, n. 4, p. 35-40, 2007.

STEINMETZ, S.; WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; REISSER JÚNIOR, C. Influência do aquecimento global sobre as temperaturas máximas, mínimas e médias anuais na região de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2007, Campinas, SP, **Anais...** Campinas, SBA, 2007. CD-ROM.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER / UFRGS, 2002.

STRECK, L. **Determinação da duração do período de molhamento foliar em cultivos de batata**. 2006, 118 p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, n. 30, p. 1-8, 1972.

WARRINGTON, I. J.; FULTON, T. A.; HALLIGAN, E. A.; DE SILVA, H. N. Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. **Journal of**

the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 124, p. 468–477. 1999.

WESTPHALEN, S. L.; MALUF, J. R. T. Zoneamento agroclimático da macieira no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1979, Pelotas. **Anais....** Pelotas, 1979. p. 315-326.

7 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Localização geográfica das estações do SisAlert utilizadas no estudo. Vacaria, RS, Brasil.

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	SisAlert 1 Embrapa	SisAlert 2 Schio Santana	SisAlert 3 Schio M. Alegre	SisAlert 4 Rubifruit	SisAlert 5 Rasip 1	SisAlert 6 Rasip 5	SisAlert 7 Lazzeri
LATITUDE	28° 31' 02"	28° 29' 36"	28° 34' 48"	28° 29' 11"	28° 25' 17"	28° 31' 17"	28° 35' 07"
LONGITUDE	50° 53' 22"	50° 44' 27"	50° 46' 21"	50° 49' 05"	50° 53' 22"	50° 49' 53"	50° 54' 56"

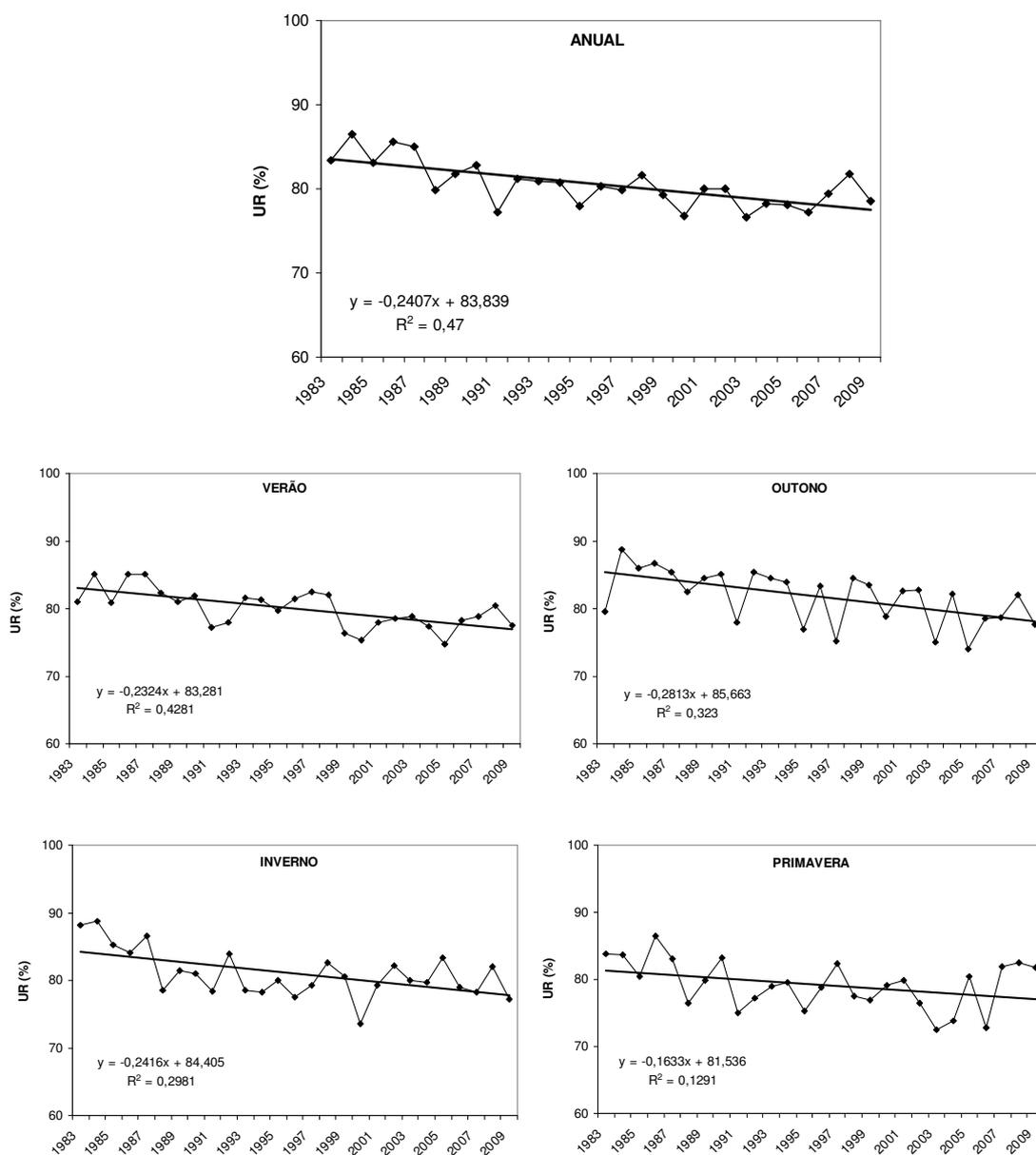
Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 2. Médias anuais de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e média, temperatura de relva, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de frio >7,0°C do período de 1983 a 2009. Vacaria, RS.

ANO	PRECIPITAÇÃO (mm)	T MAX (°C)	T MIN (°C)	T MED (°C)	T MIN RELVA (°C)	UR MED (%)	VENTO (m s ⁻¹)	HORAS FRIO (n° Horas)
1983	2115	20,6	10,5	16,0		83	3,6	841
1984	2211	21,8	10,1	16,1		87	3,0	967
1985	1471	22,7	10,3	16,8		83	2,8	640
1986	1512	22,6	10,1	16,8		86	3,3	754
1987	2113	21,6	9,5	16,1		85	2,9	1050
1988	1626	21,5	9,4	15,7	6,3	80	2,9	1173
1989	2129	21,5	9,5	15,8	6,9	82	2,6	1250
1990	2080	21,5	9,9	16,0	7,7	83	2,7	1034
1991	1633	22,9	9,6	16,6	7,5	77	2,6	798
1992	1964	22,0	9,7	16,0	8,2	81	2,7	821
1993	1957	22,0	10,2	16,1	8,4	81	2,4	936
1994	2066	22,4	10,3	16,4	9,3	81	2,4	710
1995	1329	22,6	9,9	16,5	8,6	78	2,2	789
1996	1813	22,1	9,9	16,0	8,8	80	2,2	1061
1997	2384	22,5	10,5	16,4	9,1	80	2,2	747
1998	2304	21,7	10,5	16,0	9,0	82	2,1	704
1999	1487	22,1	10,1	15,9	8,9	79	2,1	875
2000	1999	21,6	10,5	16,0	9,1	77	2,0	840
2001	2138	22,0	11,6	16,7	9,7	80	1,9	560
2002	2131	22,1	11,3	16,8	9,8	80	1,9	624
2003	1684	22,2	10,3	16,3	8,8	77	2,2	693
2004	1198	21,7	9,9	15,8	8,4	78	2,4	885
2005	2066	21,6	11,0	16,2	9,6	78	2,6	626
2006	1533	22,0	11,0	16,5	7,8	77	2,4	636
2007	2343	21,8	11,1	16,5	7,8	79	2,4	676
2008	1653	21,1	10,4	15,7	7,3	82	2,4	643
2009	2078	21,6	11,1	16,2		79	2,3	801
MÉDIA	1889	21,9	10,3	16,2	8,4	81	2,5	820
DESVP	321,8	0,5	0,6	0,3	0,9	2,6	0,4	174,7

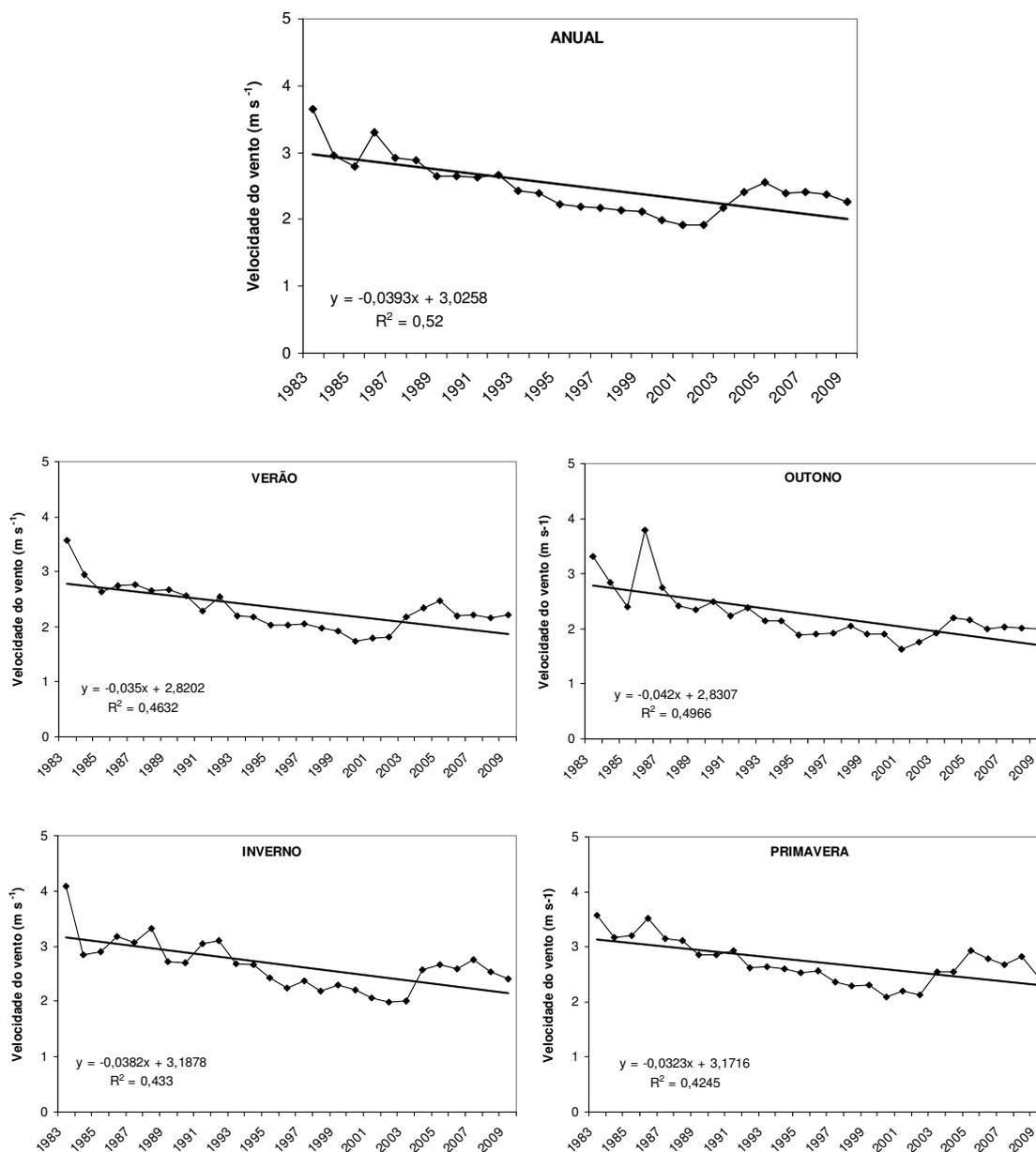
Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 3. Tendência linear da umidade relativa do ar anual e estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.
(* Significativo a 5%).



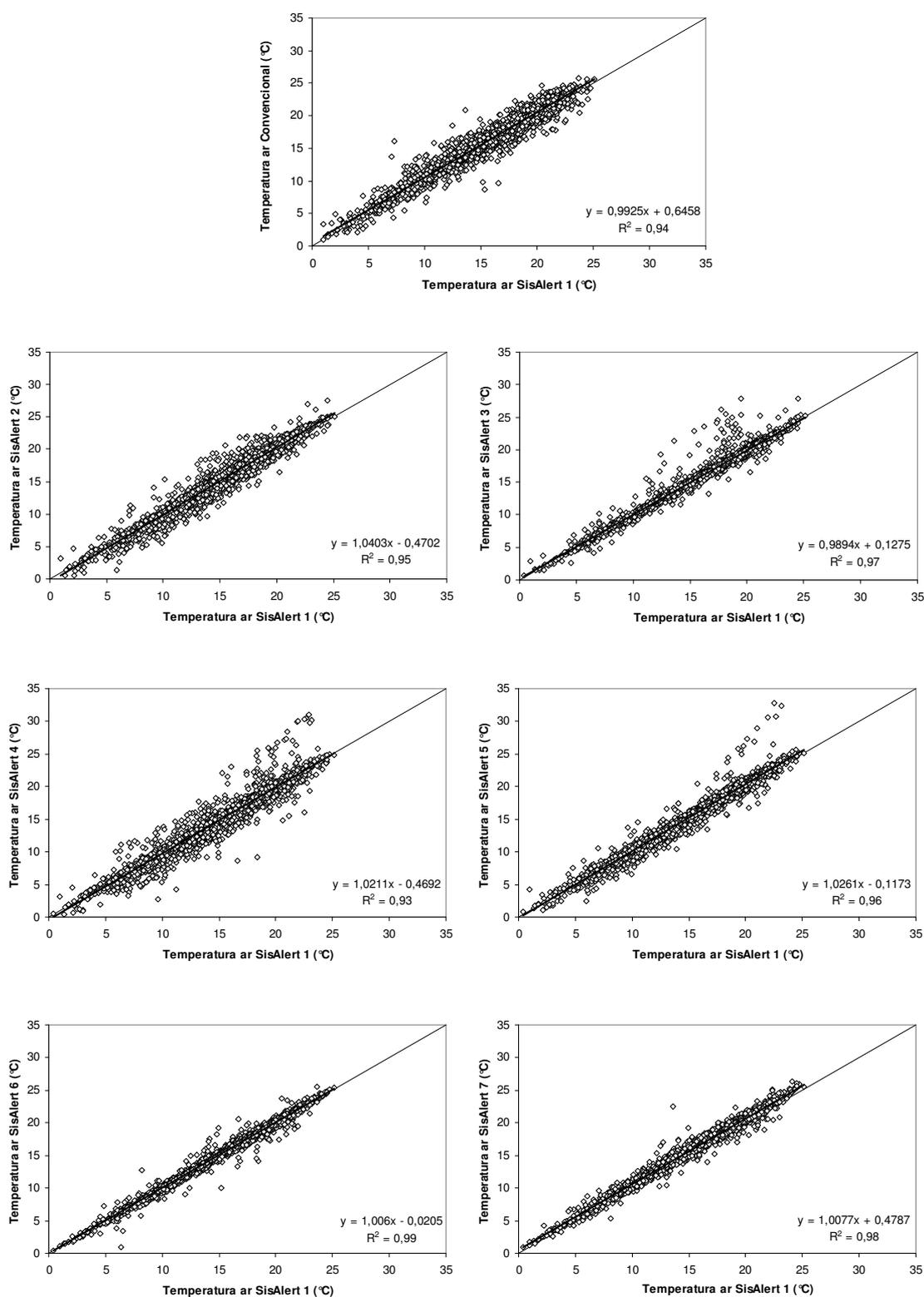
Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 4. Tendência linear da velocidade do vento anual e estacional do período 1983-2009. Vacaria, RS.
(* Significativo a 5%).



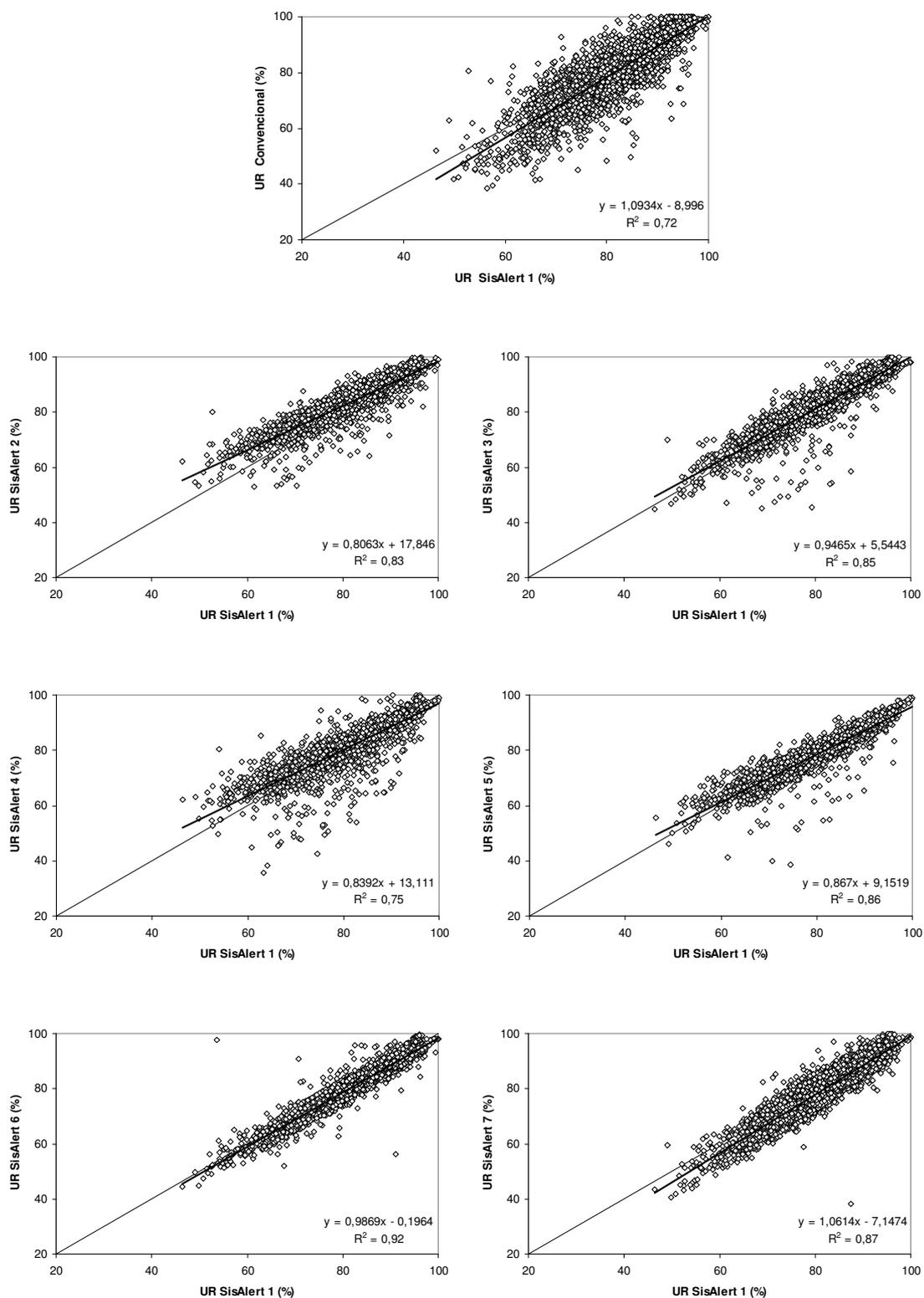
Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 5. Regressão linear entre temperatura do ar em valores diários da estação convencional Embrapa e estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.



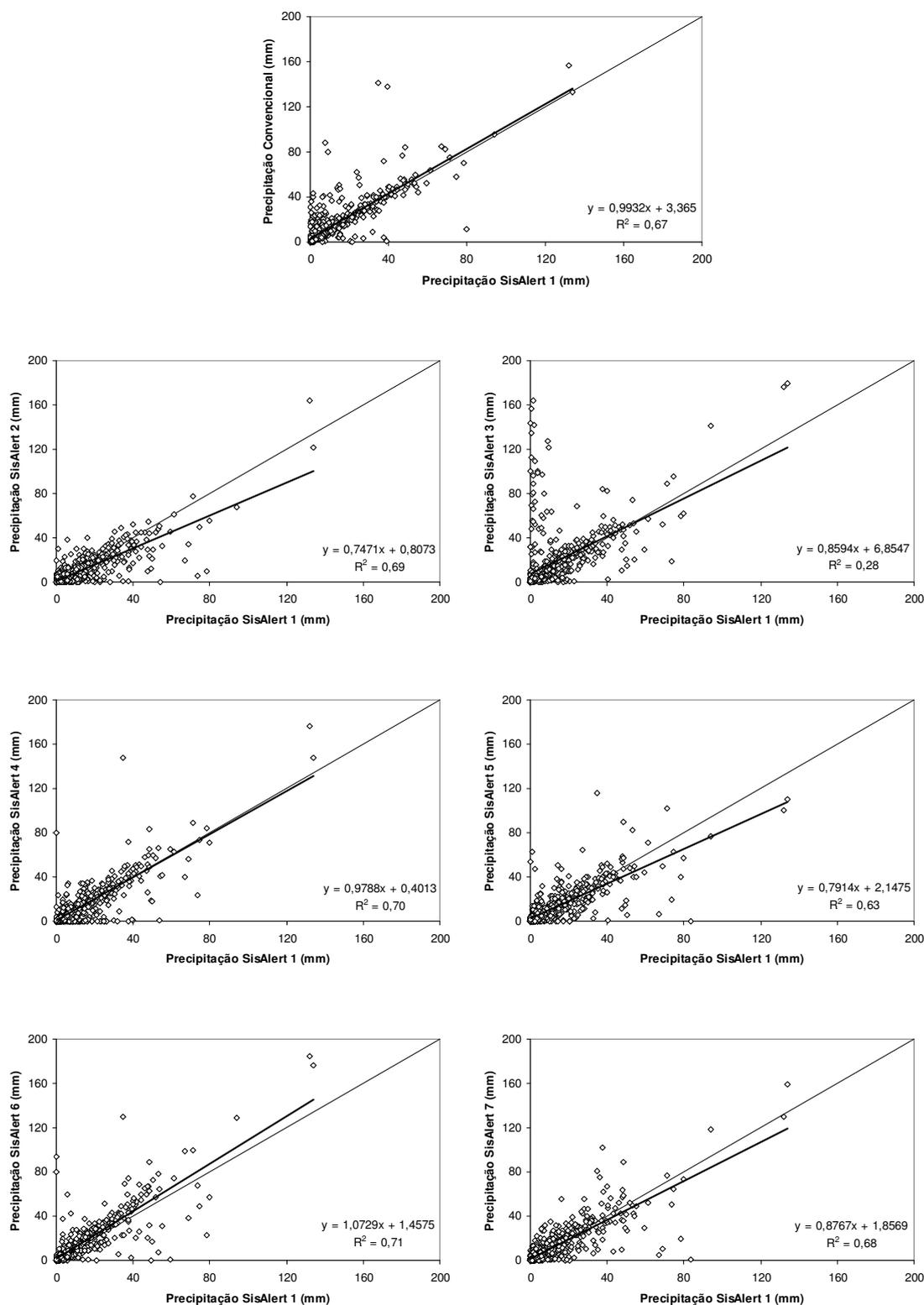
Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 6. Regressão linear entre umidade relativa do ar em valores diários da estação convencional Embrapa e estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.



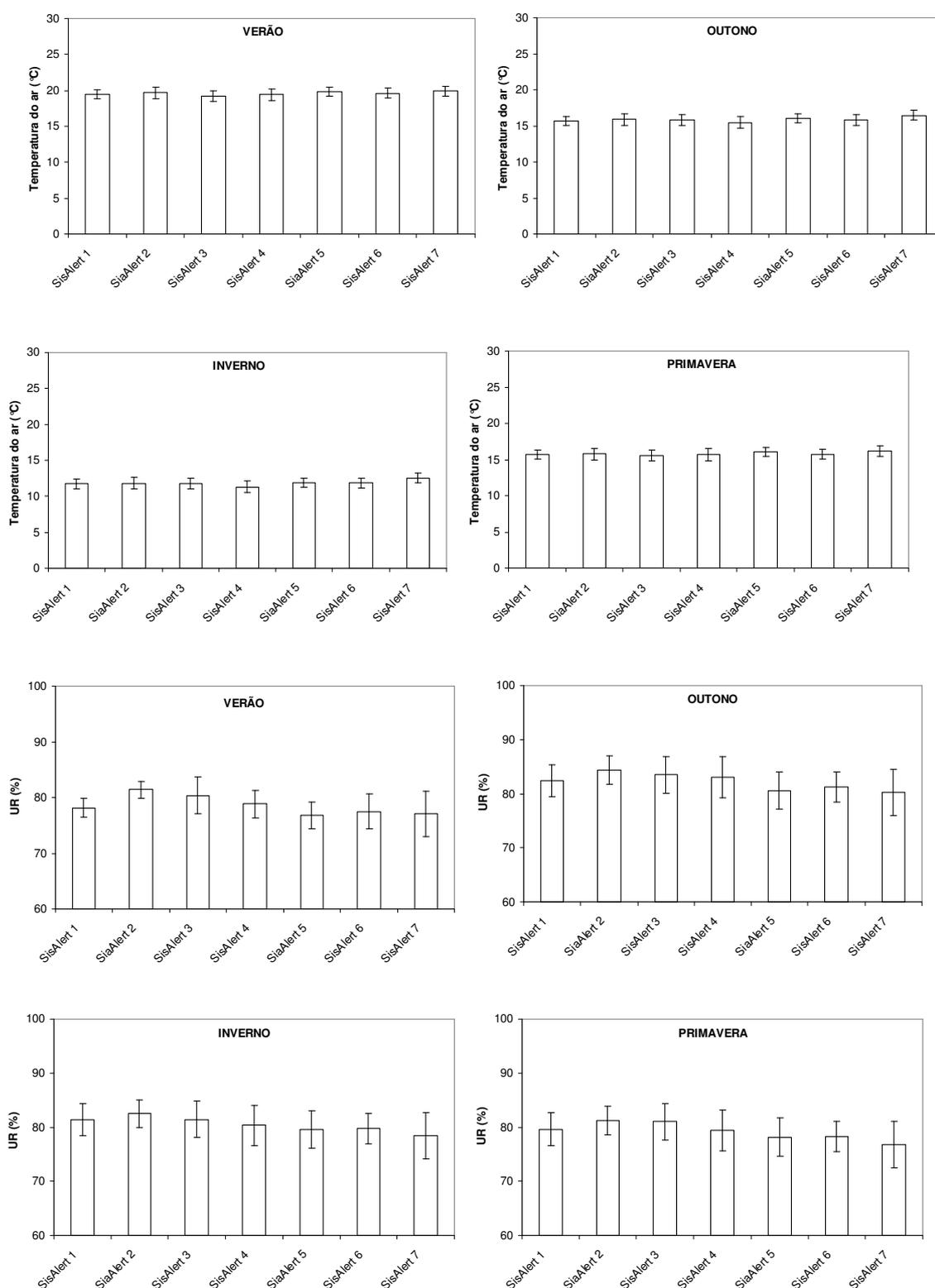
Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 7. Regressão linear entre precipitação pluvial em valores diários da estação convencional Embrapa e estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.



Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 8. Médias estacionais e desvio padrão da temperatura e umidade relativa do ar das estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.



Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 9. Análise de variância da temperatura média do ar e umidade relativa do ar das estações SisAlert, do período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.

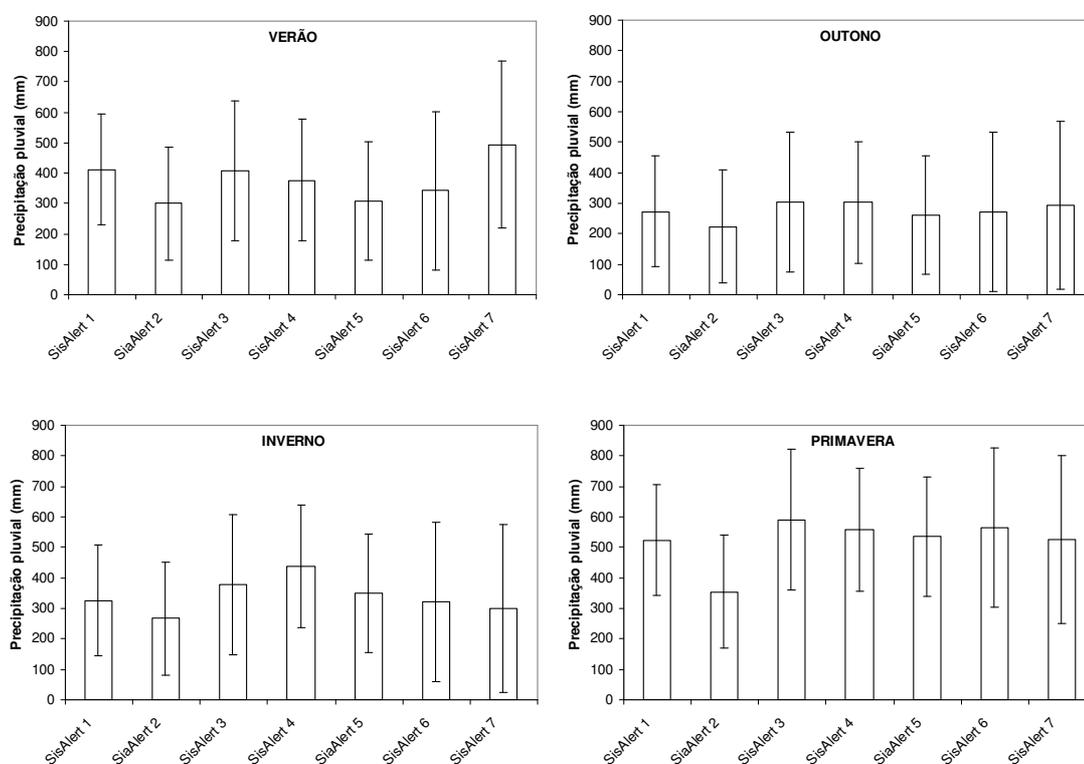
Temperatura média do ar				
	Verão (ns)	Outono (ns)	Inverno (ns)	Primavera (ns)
SisAlert 1	19,4	15,7	11,7	15,6
SisAlert 2	19,7	15,9	11,8	15,8
SisAlert 3	19,2	15,8	11,7	15,5
SisAlert 4	19,4	15,5	11,3	15,7
SisAlert 5	19,9	16,1	11,9	16,0
SisAlert 6	19,6	15,8	11,9	15,7
SisAlert 7	19,9	16,7	12,5	16,2

Umidade relativa do ar				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
SisAlert 1	78b	82a	81a	80a
SisAlert 2	82a	84a	82a	82a
SisAlert 3	80b	83a	81a	81a
SisAlert 4	79b	83a	80abc	79a
SisAlert 5	77bcd	81a	80abc	78a
SisAlert 6	78bcd	81a	80abc	78a
SisAlert 7	77bcd	80a	79bc	77a

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha quando distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Ausência de letras indica que não há diferença das médias na coluna ou na linha.

Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 10. Médias estacionais e desvio padrão da precipitação pluvial das estações automáticas do SisAlert do período 2001 a 2009. Vacaria, RS.



Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 11. Análise de variância da precipitação pluvial das sete estações SisAlert, do período de 2001 a 2009. Vacaria, RS.

	Precipitação pluvial			
	Verão (ns)	Outono (ns)	Inverno (ns)	Primavera (ns)
SisAlert 1	3299	2183	2873	4120
SisAlert 2	2096	1253	1832	2245
SisAlert 3	3500	2617	3024	4639
SisAlert 4	3014	2189	2617	4219
SisAlert 5	2456	2036	2795	4237
SisAlert 6	2738	2289	2809	4331
SisAlert 7	3950	2354	2622	4176

Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 12. Data média anual dos eventos fenológicos da cultivar Royal Gala dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

'ROYAL GALA'	Data média anual dos eventos fenológicos							
	Quebra de dormência	Ponta Verde	Plena Flor	Queda de Pétalas	Início Raleio	Fim Raleio	Início Colheita	Fim Colheita
2003	07/09/03	25/09/03	14/10/03	23/10/03	15/11/03	17/11/03	27/01/04	26/02/04
2004	30/08/04	12/09/04	30/09/04	15/10/04	11/11/04	14/11/04	26/01/05	18/02/05
2005	08/09/05	25/09/05	12/10/05	18/10/05	20/11/05	22/11/05	04/02/06	24/02/06
2006	23/08/06	23/09/06	09/10/06	14/10/06	20/11/06	23/11/06	31/01/07	18/02/07
2007	03/09/07	16/09/07	30/09/07	08/10/07	29/11/07	30/11/07	06/02/08	21/02/08
2008	25/08/08	16/09/08	03/10/08	11/10/08	21/11/08	24/11/08	10/02/09	05/03/09
2009	25/08/09	12/09/09	30/09/09	11/10/09	15/11/09	20/11/09	09/02/10	01/03/10

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

APÊNDICE 13. Data média anual dos eventos fenológicos da cultivar Fuji Suprema dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

'FUJI SUPREMA'	Data média anual dos eventos fenológicos							
	Quebra de dormência	Ponta Verde	Plena Flor	Queda de Pétalas	Início Raleio	Fim Raleio	Início Colheita	Fim Colheita
2003	07/09/03	29/09/03	13/10/03	24/10/03	26/11/03	01/12/03	07/04/04	06/05/04
2004	29/08/04	15/09/04	03/10/04	16/10/04	17/11/04	22/11/04	21/03/05	10/04/05
2005	03/09/05	24/09/05	12/10/05	20/10/05	21/11/05	24/11/05	14/04/06	25/04/06
2006	23/08/06	24/09/06	11/10/06	18/10/06	11/11/06	21/11/06	06/04/07	22/04/07
2007	03/09/07	16/09/07	01/10/07	08/10/07	12/11/07	14/11/07	21/03/08	14/04/08
2008	23/08/08	17/09/08	04/10/08	12/10/08	12/11/08	21/11/08	01/04/09	17/04/09
2009	27/08/09	13/09/09	01/10/09	10/10/09	30/11/09	08/12/09	21/04/10	09/05/10

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

APÊNDICE 14. Número de dias entre eventos fenológicos da cultivar Royal Gala dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Dias entre eventos fenológicos						
'Royal Gala'	Quebra dormência - Ponta verde	Ponta verde - Ponta flor	Plena flor - Queda pétalas	Queda pétalas - Raleio	Raleio - Início Colheita	Início - Fim colheita
Loc 1 03/04 G	23	15	15	37	57	42
Loc 1 04/05 G	15	19	19	30	80	31
Loc 1 05/06 G	27	14	14		114	22
Loc 1 06/07 G	37	14	14	42	73	19
Loc 1 07/08 G	10	15	15		134	12
Loc 1 08/09 G	31	11	11		123	34
Loc 1 09/10 G	19	20	20	33	89	25
Loc 2 06/07 G	26	19	19	45	65	21
Loc 2 08/09 G	22	15	15	30	85	23
Loc 2 09/10 G	27	14	14		132	4
Loc 3 04/05 G	13	14	14	31	67	24
Loc 3 05/06 G	1	25	25	44	53	29
Loc 3 06/07 G	37	10	10		107	27
Loc 3 07/08 G	14	11	11		122	17
Loc 3 08/09 G	14	25	25	67	57	18
Loc 3 09/10 G	14	21	21	29	93	26
Loc 4 06/07 G	29	19	19		114	0
Loc 4 07/08 G	11	18	18	83	39	4
Loc 4 08/09 G	21	21	21		123	20
Loc 4 09/10 G	19	21	21		111	14
Loc 5 04/05 G	11	21	21	0	89	11
Loc 5 05/06 G	12	21	21	29	86	12
Loc 5 06/07 G	28	17	17	24	74	25
Loc 5 07/08 G	10	18	18	21	92	31
Loc 5 08/09 G	16	21	21	41	91	16
Loc 5 09/10 G	14	16	16		90	21
Loc 6 03/04 G	13	23	23	10	89	18
Loc 6 04/05 G	12	19	19	46	69	26
Loc 6 05/06 G	28	10	10	33	77	17
Loc 6 07/08 G	21	9	9		64	14
Loc 6 08/09 G	31	5	5	36	82	23
Loc 6 09/10 G	15	15	15	61	64	27

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

APÊNDICE 15. Número de dias entre eventos fenológicos da cultivar Fuji Suprema dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Dias entre eventos fenológicos						
'Fuji Suprema'	Quebra dormência - Ponta verde	Ponta verde - Plena flor	Plena flor - Queda pétalas	Queda pétalas - Raleio	Raleio - Início Colheita	Início - Fim colheita
Loc 1 03/04 F	24	18	13	17	139	28
Loc 1 04/05 F	19	19	10	1	164	18
Loc 1 05/06 F	39	4	10	21	160	9
Loc 1 06/07 F	30	21	5	29	134	17
Loc 1 07/08 F	9	14	7		174	40
Loc 1 08/09 F	27	14	8		186	
Loc 1 09/10 F	17	21	9	55	101	8
Loc 2 06/07 F	26			10	175	33
Loc 2 08/09 F	24	15	10	31	165	31
Loc 2 09/10 F	22	15	9		217	10
Loc 3 04/05 F	17	16	10	37	139	34
Loc 3 05/06 F	8	38	6	27	141	9
Loc 3 06/07 F	44	5	5		190	13
Loc 3 07/08 F	14	17	9		179	30
Loc 3 08/09 F	15	22	7		130	16
Loc 3 09/10 F	10	22	7	59	103	64
Loc 4 06/07 F	32	19	5	21	184	0
Loc 4 07/08 F	13	19	10		172	0
Loc 4 08/09 F	24	20	7		198	0
Loc 4 09/10 F	17	14	15		225	0
Loc 5 04/05 F	11	20	28	32	67	17
Loc 5 05/06 F	11	20	8	44	133	17
Loc 5 06/07 F	27	18			74	16
Loc 5 07/08 F	8	18	4	40	87	16
Loc 5 08/09 F	21	18	8		126	27
Loc 5 09/10 F	16	18	8	41	164	6
Loc 6 03/04 F	21	10	8	50	127	30
Loc 6 04/05 F	19	18	4	59	125	11
Loc 6 05/06 F	27	10	7	36	144	
Loc 6 07/08 F	21	9		41	136	35
Loc 6 08/09 F		51		38	160	23

Fonte dos dados: Agropecuária Schio Ltda e Rubifrut Agroindustrial Ltda.

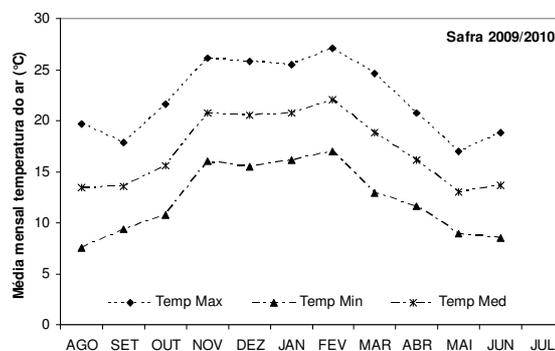
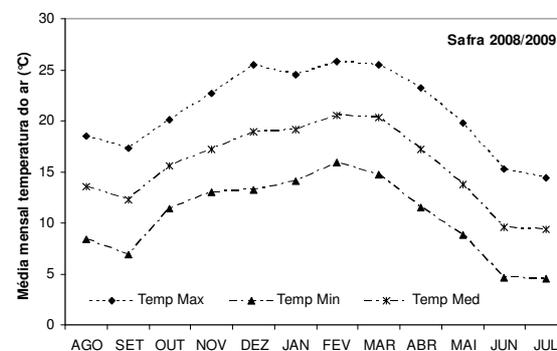
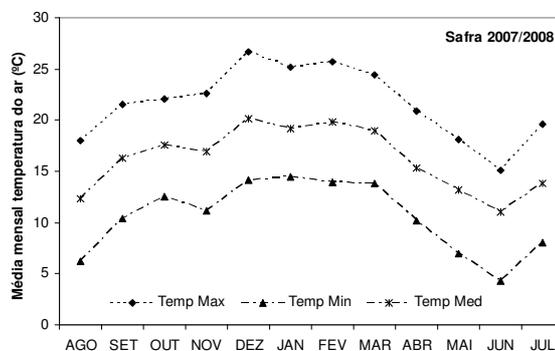
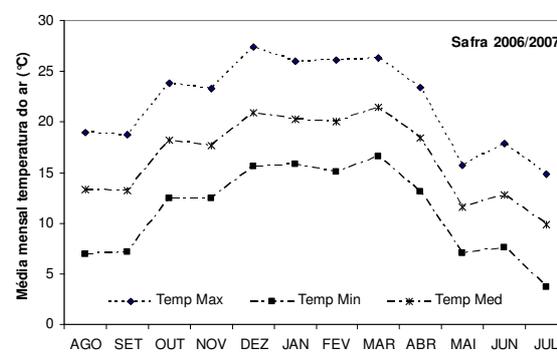
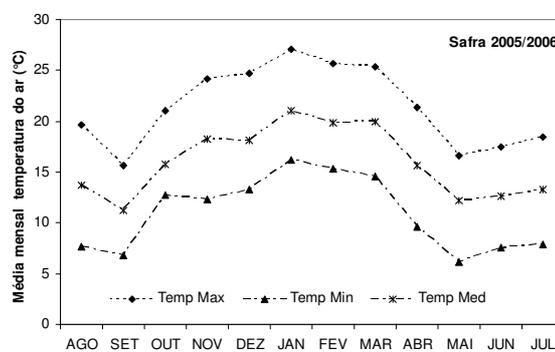
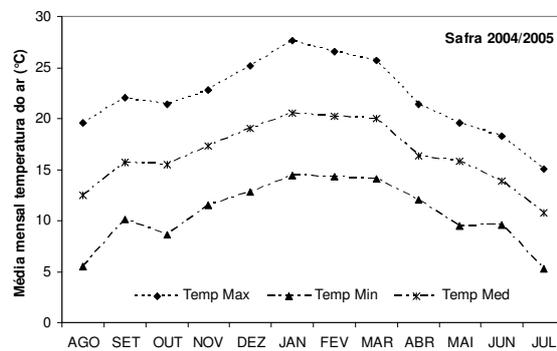
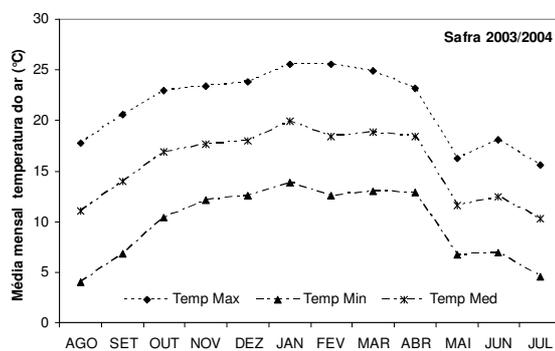
APÊNDICE 16. Diferença de graus-dia acumulado entre eventos fenológicos da cultivar Royal Gala dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

Diferença de graus-dia acumulado entre eventos fenológicos						
'ROYAL GALA'	Quebra dormência - Ponta verde	Ponta verde - Plena flor	Plena flor - Queda pétalas	Queda pétalas - Raleio	Raleio - Início Colheita	Início - Fim colheita
Loc 1 03/04 G	200,7	204,2	121,9	533,9	894,1	693,2
Loc 1 04/05 G	220,0	244,1	121,2	372,6	1325,1	530,5
Loc 1 05/06 G	253,4	199,6	82,4		1888,4	366,5
Loc 1 06/07 G	366,5	208,3	83,0	636,0	1324,6	336,0
Loc 1 07/08 G	191,0	166,2	64,9		2112,5	210,6
Loc 1 08/09 G	282,9	125,5	80,2		1933,8	596,5
Loc 1 09/10 G	245,8	206,4	130,5	524,3	1622,8	425,3
Loc 2 03/04 G						
Loc 2 04/05 G						
Loc 2 05/06 G						
Loc 2 06/07 G	216,3	260,6	115,9	667,3	1182,2	357,7
Loc 2 07/08 G						
Loc 2 08/09 G	216,3	151,0	90,1	438,9	1347,6	412,7
Loc 2 09/10 G	338,4	144,1	130,6	283,1	2065,7	65,3
Loc 3 03/04 G						
Loc 3 04/05 G	203,8	182,9	155,3	394,8	1090,1	402,0
Loc 3 05/06 G	86,1	315,3	74,9	645,8	921,0	519,5
Loc 3 06/07 G	366,5	140,7	85,6		1793,5	472,2
Loc 3 07/08 G	233,8	111,6	137,7		1915,5	296,8
Loc 3 08/09 G	135,5	243,6	66,7	979,4	966,8	320,4
Loc 3 09/10 G	194,0	212,0	89,6	426,9	1669,7	469,2
Loc 4 03/04 G						
Loc 4 04/05 G						
Loc 4 05/06 G						
Loc 4 06/07 G	282,8	242,7	67,2		1919,0	
Loc 4 07/08 G	191,0	204,0	147,7	1188,1	736,4	67,4
Loc 4 08/09 G	208,5	211,2	121,5		1953,1	366,6
Loc 4 09/10 G	245,8	223,8	132,6		1945,5	272,8
Loc 5 03/04 G						
Loc 5 04/05 G	185,3	242,2	407,4	0,0	1430,1	179,8
Loc 5 05/06 G	76,0	240,9	27,4	396,3	1465,5	217,8
Loc 5 06/07 G	272,1	204,8	48,7	374,4	1254,3	447,3
Loc 5 07/08 G	174,6	206,7	117,7	297,5	1480,6	518,1
Loc 5 08/09 G	161,1	191,6	74,9	572,4	1494,4	295,2
Loc 5 09/10 G	200,0	165,5		556,9	1602,6	409,5
Loc 6 03/04 G	200,7	295,9	111,4	130,0	1415,8	291,3
Loc 6 04/05 G	192,4	223,4	48,4	574,4	1160,3	443,3
Loc 6 05/06 G	253,4	148,1	88,8	473,4	1340,2	292,9
Loc 6 06/07 G						
Loc 6 07/08 G	308,6	100,4		762,4	1091,1	220,6
Loc 6 08/09 G	282,9	56,5	88,2	505,9	1310,3	412,7
Loc 6 09/10 G	206,3	159,3	86,6	979,6	1160,4	486,2

APÊNDICE 17. Diferença de graus-dia acumulado entre eventos fenológicos da cultivar Fuji Suprema dos seis locais nas safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

'FUJI SUPREMA'	Diferença de graus-dia acumulado entre eventos fenológicos					
	Quebra dormência - Ponta verde	Ponta verde - Plena flor	Plena flor - Queda pétalas	Queda petálas - Raleio	Raleio - Início Colheita	Início - Fim colheita
Loc 1 03/04 F	211	231	179	240	2214	425
Loc 1 04/05 F	294	230	139	8	2644	281
Loc 1 05/06 F	283	50	148	275	2670	96
Loc 1 06/07 F	295	280	70	426	2396	278
Loc 1 07/08 F	175	157	90		2782	485
Loc 1 08/09 F	274	154	95		2991	
Loc 1 09/10 F	222	224	113	913	1802	125
Loc 2 03/04 F						
Loc 2 04/05 F						
Loc 2 05/06 F						
Loc 2 06/07 F	249		422	158	3038	322
Loc 2 07/08 F						
Loc 2 08/09 F	252	156	114	444	2681	360
Loc 2 09/10 F	265	164	93		3491	104
Loc 3 03/04 F						
Loc 3 04/05 F	248	215	118	467	2341	440
Loc 3 05/06 F	66	456	88	388	2389	89
Loc 3 06/07 F	477	81	74		3265	146
Loc 3 07/08 F	234	188	134		2846	317
Loc 3 08/09 F	180	206	67		2040	794
Loc 3 09/10 F	183	220	94	959	1833	795
Loc 4 03/04 F						
Loc 4 04/05 F						
Loc 4 05/06 F						
Loc 4 06/07 F	312	263	70	323	3095	0
Loc 4 07/08 F	220	217	140		2750	0
Loc 4 08/09 F	252	202	97		3147	0
Loc 4 09/10 F	222	160	163		3572	0
Loc 5 03/04 F						
Loc 5 04/05 F	195	194	366	451	1133	292
Loc 5 05/06 F	93	227	126	627	2276	186
Loc 5 06/07 F	262	214		701	1334	270
Loc 5 07/08 F	145	212	52	569	1420	279
Loc 5 08/09 F	222	176	78		1982	489
Loc 5 09/10 F	190	193	90	628	2754	69
Loc 6 03/04 F	302	128	111	735	2056	351
Loc 6 04/05 F	213	224	46	785	2122	182
Loc 6 05/06 F	270	148	89	520	2409	
Loc 6 06/07 F						
Loc 6 07/08 F	309	100		582	2243	428
Loc 6 08/09 F	0	408		522	2609	298
Loc 6 09/10 F						

APÊNDICE 18. Médias mensais da temperatura máxima, mínima e média do ar do período de agosto a julho das safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.



Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.

APÊNDICE 19. Média, desvio padrão e coeficiente de variação das temperaturas máxima, mínima e média do ar do período de setembro a março das safras 2003/2004 a 2009/2010. Vacaria, RS.

SAFRAS	2003/2004			2004/2005			2005/2006			2006/2007		
	MAX	MIN	MED									
TEMP												
MÉDIA	23,8	11,6	17,7	24,5	12,2	18,3	23,4	13,0	17,8	24,5	13,6	18,8
DESVPAD	1,8	2,4	1,9	2,4	2,3	2,1	3,9	3,1	3,3	2,9	3,3	2,8
CV (%)	7	20	11	10	19	12	17	24	19	12	24	15
SAFRAS	2007/2008			2008/2009			2009/2010					
	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED			
TEMP												
MÉDIA	24,0	12,9	18,4	23,1	12,8	17,7	24,1	13,9	18,9			
DESVPAD	2,0	1,6	1,5	3,2	2,9	3,0	3,3	3,0	3,1			
CV (%)	8	12	8	14	23	17	14	21	17			

Fonte dos dados: Embrapa Uva e Vinho, EEFT, Vacaria, RS.