

CHARLE KRAMER BORGES DE MACEDO

**QUALIDADE DE MAÇÃS ‘GALA’ E ‘FUJI’ EM FUNÇÃO DA
NUTRIÇÃO E DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO SUL DO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Ph.D. Cassandro Vidal
Talamini do Amarante

Co-orientadores:

Dr. Cristiano André
Steffens

Dr. Gilmar Ribeiro
Nachtigall

**LAGES, SC
2014**

M141q Macedo, Charle Kramer Borges de
Qualidade de maçãs „Gala“ e „Fuji“ em função da
nutrição e das condições climáticas no Sul do
Brasil / Charle Kramer Borges de Macedo. - Lages,
2014.

99 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Cassandro Vidal Talamini do
Amarante

Coorientador: Cristiano André Steffens

Coorientador: Gilmar Ribeiro Nachtigall

Bibliografia: p. 84-96

Dissertação (mestrado) - Universidade do
Estado de

Santa Catarina, Centro de Ciências

Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2014.

1. *Malus domestica* Borkhausen. 2. Clima. 3.
Nutrição Mineral. 4. Pós-colheita. 5. Qualidade
dos Frutos. I. Macedo, Charle Kramer Borges de.
II. Amarante, Cassandro Vidal Talamini do. III.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

CHARLE KRAMER BORGES DE MACEDO

**QUALIDADE DE MAÇÃS ‘GALA’ E ‘FUJI’ EM FUNÇÃO DA
NUTRIÇÃO E DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO SUL DO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Prof. Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro
de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC).

Co-orientador: _____

Prof. Dr. Cristiano André Steffens
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro
de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC).

Membro: _____

Dr. Gilmar Ribeiro Nachtigall
Embrapa Uva e Vinho - Estação Experimental de Fruticultura
de Clima Temperado (EFCT)

Lages, Santa Catarina, 31 de julho de 2014

Dedico aos meus pais, Erlim de Medeiros Macedo e Maria Helena Borges de Macedo, ao meu irmão Michel Macedo e a minha namorada Fernanda Pelizzari Magrin.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meu caminho, proporcionando-me força e coragem para conquistar meus objetivos.

Aos meus pais, por todo o amor e carinho, e por acreditarem e me incentivarem em cada escolha da minha vida.

À minha namorada Fernanda Pelizzari Magrin, por fazer parte da minha vida, pelo amor, apoio, companheirismo, paciência, carinho e incentivo.

Ao meu irmão Michel Kramer Borges de Macedo, pela amizade e companheirismo e à minha cunhada Jaqueline Macedo pela amizade.

Ao meu tio Flori Medeiros e sua esposa Maria Helena, pessoas de coração bondoso, que me acolheram com os braços abertos em Lages.

À toda minha família, pelo carinho e incentivo nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pela amizade, confiança e ensinamentos fornecidos ao longo desta etapa sempre com eficiência e clareza.

Ao pesquisador da Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, Embrapa Uva e Vinho, Gilmar Ribeiro Nachtigall, pelos ensinamentos, amizade, confiança e apoio.

Aos produtores e empresas que cederam os frutos para realização deste trabalho.

Aos colegas da Embrapa Uva e Vinho, Christiano Mignoni de Lima, Alexandre Furtado, Carla Reschke, William Silva, Camila Cargnino, Pâmella Soldatelli, Eder Piardi e Maurício Talamini, pelo auxílio na execução do trabalho.

Aos funcionários da Embrapa Uva e Vinho, pela amizade e auxílio na execução das atividades.

Aos colegas da UDESC, pela amizade.

À toda equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal e Fisiologia Pós-Colheita, pela amizade e auxílio.

À UDESC, pelo ensino gratuito e de qualidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Projeto Rede de Inovações Tecnológicas para a Modernização do Setor da Maçã no Sul do Brasil – REDEMAÇÃ – pelo apoio financeiro a este projeto de pesquisa.

"Você ganha força, coragem e confiança através de cada experiência em que você realmente para e encara o medo de frente".

Eleanor Roosevelt

RESUMO

MACEDO, Charle Kramer Borges de. **Qualidade de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ em função da nutrição e das condições climáticas no Sul do Brasil.** 99 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

As diferenças nas variáveis climáticas e o manejo nutricional adequado são fatores determinantes para produtividade e qualidade dos frutos. A região Sul do Brasil destaca-se no cultivo de macieiras, sendo os Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) os principais produtores. Este trabalho teve por objetivo determinar a qualidade de frutos de macieira produzidas no Sul do Brasil, avaliando as variáveis nutricionais e as condições meteorológicas durante a safra 2012-2013. O estudo foi realizado nas regiões de Vacaria-RS, Bom Jesus-RS, Caxias do Sul-RS, Fraiburgo-SC e São Joaquim-SC. Selecionou-se 76 pomares. As concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca) foram determinadas em amostras de folhas e frutos. Determinou-se também as relações N/Ca e (K+Mg)/Ca nas amostras de frutos. Enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e boro (B) foram determinados nas amostras de folhas. Na colheita, 20 frutos foram avaliados quanto à firmeza de polpa (N), sólidos solúveis (SS; %), acidez titulável (AT; % ácido málico), índice de iodo-amido e diâmetro transversal e longitudinal (mm). Após a armazenagem refrigerada sob atmosfera do ar (AA) durante 120 dias (0 ± 1 °C/UR de 90 ± 5 %), seguido de mais sete dias a 20 °C, foram realizadas análises de firmeza de polpa, SS e AT dos frutos.

Dados climáticos de precipitação pluviométrica (mm), número de dias de chuva, temperaturas máxima, mínima e média (°C) e velocidade do vento (m/s) foram avaliados nas diferentes regiões. As concentrações médias (mg kg⁻¹ matéria fresca) de N, P, K, Ca e Mg nos frutos foram, respectivamente, 295, 83, 1.399, 47 e 36 mg kg⁻¹, para 'Gala', e 260, 73, 1.331, 39 e 28 mg kg⁻¹, para 'Fuji'. Os valores médios das relações (K+Mg)/Ca e N/Ca foram 30 e 6,4 para 'Gala', e 35 e 6,7 para 'Fuji', respectivamente. Maçãs 'Gala' e 'Fuji' apresentaram concentração de P abaixo do nível crítico inferior (> 100 mg kg⁻¹), e a relação N/Ca ficou abaixo do nível crítico superior (<14 mg kg⁻¹). Maçãs 'Fuji' apresentaram valores de Ca abaixo do nível crítico inferior (>40 mg kg⁻¹), e a relação (K+Mg)/Ca acima do nível crítico superior (<30 mg kg⁻¹). Em maçãs 'Gala', regiões mais frias favoreceram a ocorrência de menores teores de N, maiores teores de Ca e menores relações N/Ca e (K+Mg)/Ca. As concentrações médias nas folhas (g kg⁻¹ matéria seca) de N, P, K, Ca, Mg foram, respectivamente, 21, 2, 17, 10, 3 g kg⁻¹, para 'Gala', e 23, 2, 16, 12, 3 g kg⁻¹, para 'Fuji'. As maçãs colhidas nas diferentes regiões apresentaram grande variação no índice de iodo-amido, e assim, os resultados de pós-colheita foram afetados significativamente pelo ponto de colheita. Durante o período avaliado, houve diferença nas variáveis climáticas entre regiões. Fraiburgo apresentou os menores volumes médios de precipitação pluvial anual (1.170 mm) e Bom Jesus os maiores valores (1.749 mm). As temperaturas médias mensais mais altas foram observadas em Caxias do Sul, e as menores em São Joaquim.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkhausen. Clima. Nutrição Mineral. Pós-colheita. Qualidade dos Frutos.

ABSTRACT

MACEDO, Charle Kramer Borges de. **Quality of 'Gala' and 'Fuji' apples affected by nutrition and climatic conditions in southern Brazil**. 2014. 99 f. Dissertation (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

The differences in climatic conditions and the appropriate nutritional management are crucial for productivity and fruit quality. Southern Brazil is the main apple production region, with the States of Rio Grande do Sul (RS) and Santa Catarina (SC) the major producers. The aim of this research was to evaluate the quality of apple fruits grown in southern Brazil, considering the nutritional variables and weather conditions during the 2012-2013 season. The study was carried out in the regions of Vacaria-RS, Bom Jesus-RS, Caxias do Sul-RS, Fraiburgo-SC and São Joaquim-SC. Seventy-six orchards were selected. The concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg) and calcium (Ca) were quantified in samples of leaves and fruits. The N/Ca and (K+Mg)/Ca ratios were also quantified in the fruit samples. Sulfur (S), copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), manganese (Mn) and boron (B) were quantified in leaf samples. At harvest, 20 fruits were evaluated for flesh firmness (N), soluble solids (SS; %), titratable acidity (TA; % malic acid), iodine-starch, and transverse and longitudinal (mm) diameter. After refrigerated storage under air atmosphere (AA) for 120 days (0 ± 1 °C/ RH of 90 ± 5 %) followed by seven days at 20 °C, fruit were analyzes for flesh firmness, SS and AT. Climatic data of

rainfall (mm), number of days of precipitation, temperatures (maximum, minimum and average) ($^{\circ}\text{C}$) and wind speed (m/s) were evaluated in the different regions. The average concentrations (mg kg^{-1} of fresh matter) in the fruit of N, P, K, Ca and Mg were, respectively, 295, 83, 1,399, 47 e 36 mg kg^{-1} in 'Gala', and 260, 73, 1,331, 39 and 28 mg kg^{-1} in 'Fuji'. The mean values of (K+Mg)/Ca and N/Ca ratios were 30 and 6.4, for 'Gala', and 35 and 6.7, for 'Fuji', respectively. 'Gala' and 'Fuji' apple fruits had P concentration below the lower minimum critical value ($>100 \text{ mg kg}^{-1}$) and the N/Ca ratio was below the upper critical value ($<14 \text{ mg kg}^{-1}$). 'Fuji' apple fruit had Ca concentration below the lower critical value ($>40 \text{ mg kg}^{-1}$), and the (K+Mg)/Ca ratio above the upper critical value ($<30 \text{ mg kg}^{-1}$). In 'Gala' apples, colder regions favor the occurrence of lower N concentration, higher Ca concentration and lower N/Ca and (K+Mg)/Ca ratios in the fruit. The average concentration (g kg^{-1} of dry matter) in the leaves of N, P, K, Ca, and Mg were, respectively, 21, 2, 17, 10, 3 g kg^{-1} in 'Gala', and 23, 2, 16, 12, 3 g kg^{-1} in 'Fuji'. Apples harvested in different regions showed great variation in terms of starch-iodine index, and thus, the postharvest results were significantly affected by fruit maturity at harvest. During the experimental period, there were substantial differences of climatic conditions between regions. Fraiburgo had the lowest average annual rainfall (1,170 mm) and Bom Jesus the highest one (1,749 mm). The monthly average temperatures were highest in Caxias do Sul and lowest in São Joaquim.

Key-words: *Malus domestica* Borkhausen. Climate. Mineral Nutrition. Postharvest. Fruits Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Médias mensais de precipitação pluvial nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 57
- Figura 2 - Médias anuais de precipitação pluvial nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 58
- Figura 3 - Número de dias com chuvas nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 59
- Figura 4 - Médias mensais de temperatura máxima (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 60
- Figura 5 - Médias mensais de temperatura mínima (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 62
- Figura 6 - Médias mensais de temperatura média (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 63
- Figura 7 - Amplitude térmica média mensal (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 64
- Figura 8 - Médias mensais de velocidade do vento (m/s) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013. 65

Figura 9 - Média \pm desvio-padrão do peso médio dos frutos (em gramas) das cultivares Gala e Fuji, provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013. Médias seguidas pela mesma letra nas barras, comparam diferentes regiões para uma mesma cultivar, e não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)...... 76

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Média \pm desvio-padrão das concentrações de macronutrientes (g kg^{-1} de peso seco) de amostras de folhas de macieiras ‘Gala’ e ‘Fuji’, coletadas em diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013. 66
- Tabela 2 - Média \pm desvio-padrão das concentrações de micronutrientes (mg kg^{-1}) de amostras de folhas de macieiras ‘Gala’ e ‘Fuji’, coletadas em diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013. 68
- Tabela 3 - Média \pm desvio-padrão das concentrações de macronutrientes (mg kg^{-1}) de amostras de frutos de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013. 71
- Tabela 4 - Média \pm desvio-padrão dos valores das relações N/Ca e (K+Mg)/Ca de amostras de frutos de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013. 75

- Tabela 5 - Avaliações na colheita de índice de iodo-amido (escala 1-5), firmeza de polpa (N), sólidos solúveis (SS; °Brix), acidez titulável (AT; % ácido málico) e índice de formato dos frutos (IF) de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013..... 78
- Tabela 6 - Avaliações pós-colheita de firmeza de polpa (N), sólidos solúveis (SS; °Brix) e acidez titulável (AT; % ácido málico) de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, armazenadas em atmosfera do ar (1 °C e UR 90-95%) por 120 dias, seguido de sete dias de vida de prateleira (20 °C). As frutas são provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013..... 80
- Tabela 7 - Distribuição de frequência (%) da classificação de frutos nas categorias extra (acima de 70 mm), especial (de 65 a 70 mm), comercial (de 55 a 65 mm) e refugo (até 55 mm). As frutas são provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013..... 81

LISTA DE ABREVIATURAS

Abr.	Abril
AA	Atmosfera do ar
AC	Atmosfera controlada
Ago.	Agosto
AT	Acidez titulável
B	Boro
CV	Coefficiente de variação
Cfa	Clima subtropical úmido de acordo com a Classificação de Koppen
Cfb	Clima temperado com verão ameno de acordo com a Classificação de Koppen
CO ₂	Dióxido de carbono
cm	Centímetros
Ca	Cálcio
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
cmol/L	Centimol por litro
Cu	Cobre
Dez.	Dezembro
Dr.	Doutor
EFCT	Estação de Fruticultura de Clima Temperado
Fe	Ferro
Fev.	Fevereiro
g kg ⁻¹	Gramas por quilo

IBRAF	Instituto Brasileiro de Frutas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Jan.	Janeiro
Jun.	Junho
Jul.	Julho
K	Potássio
kg	Quilograma
Kc	Coeficiente de cultivo da cultura
L/ha	Litros por hectare
L	Luminosidade
mL	Mililitro
Mar.	Março
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
mg	Miligrama
m/s	Metros por segundo
m	Metros
mg kg ⁻¹	Miligrama por quilograma
mm	Milímetros
mm/dia	Milímetros por dia
N	Nitrogênio (elemento mineral)
N	Normalidade (concentração de solução química)
Nov.	Novembro
ns	Não significativo
Out.	Outubro

Ph.D	<i>Philosophiae Doctor</i>
P	Fósforo
Prof.	Professor
pH	Potencial hidrogeniônico
RS	Rio Grande do Sul
REDEMAÇÃ	Rede de Inovações Tecnológicas para a Modernização do Setor da Maçã no Sul do Brasil
S	Enxofre
SS	Sólidos solúveis
S. Joaquim	São Joaquim
SAS	Sas Institute
SC	Santa Catarina
Set.	Setembro
Tmax	Temperatura máxima
Tmin	Temperatura mínima
Tmédia	Temperatura média
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UTC	Universel Temps Coordoné
UR	Umidade relativa do ar
Vol.	Volume
Zn	Zinco
° C	Graus Celsius
≤	Menor ou igual
%	Porcentagem
°Brix	Graus Brix
±	Mais ou menos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	37
2	REFERENCIAL TEÓRICO	40
2.1	MACIEIRA	40
2.2	FATORES CLIMÁTICOS	41
2.3	ANÁLISE MINERAL DAS FOLHAS	46
2.4	ANÁLISE MINERAL DOS FRUTOS	47
3	MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1	LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	51
3.2	BASE DE DADOS METEOROLÓGICOS	52
3.3	ANÁLISE DE DADOS METEOROLÓGICOS	53
3.4	COLETA DE FOLHAS E ANÁLISE MINERAL	53
3.5	COLHEITA E PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS	53
3.6	ANÁLISE MINERAL DOS FRUTOS	55
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS SAFRA 2012-2013	57
4.2	COMPOSIÇÃO MINERAL DAS FOLHAS	65
4.3	COMPOSIÇÃO MINERAL DOS FRUTOS	70
4.4	AVALIAÇÃO INICIAL NA COLHEITA	77
4.5	ATRIBUTOS PÓS-COLHEITA	79
4.6	CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS	81
5	CONCLUSÕES	82
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

1 INTRODUÇÃO

A extensa área territorial e as condições climáticas distintas proporcionam ao Brasil estar entre os maiores produtores de frutas do mundo. Atualmente, o país ocupa a terceira posição entre os maiores produtores mundiais de frutas, com uma área de 2.260 milhões de hectares e uma produção de 43.112 milhões de toneladas (IBRAF, 2010).

Entre as diversas frutas produzidas no Sul do país destacam-se as frutíferas de clima temperado, em especial a maçã (*Malus domestica* Borkh).

No Brasil, 37.272 mil hectares são ocupados com a cultura da macieira, gerando uma produção de 1.292.342 toneladas. A região Sul é o principal pólo produtor da fruta, sendo responsável por 99,6% da produção nacional. O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor (53,2 % da produção), seguido por Santa Catarina (42,8 % da produção) e Paraná (3,7 % da produção) (IBGE, 2014).

No Rio Grande do Sul, os municípios de Vacaria, Caxias do Sul e Bom Jesus contemplam a maior área de produção. Em Santa Catarina destacam-se na pomicultura os municípios de Fraiburgo e São Joaquim.

Em Santa Catarina há o predomínio de uma estrutura produtiva baseada em pequenos fruticultores, com exceção da região de Fraiburgo, caracterizada por grandes empresas. Já a produção do Rio Grande do Sul caracteriza-se pela predominância de grandes empresas produtoras e comercializadoras (PETRI, 2006).

As condições climáticas favoráveis são essenciais para produção de frutas, apresentando significativa influência na qualidade destas.

No cultivo de macieiras o clima é um fator limitante para o estabelecimento da cultura, que é exigente em baixas temperaturas e adapta-se melhor em clima temperado.

Períodos de déficit hídrico durante o desenvolvimento dos frutos de macieiras causam efeitos negativos, principalmente no que se refere ao crescimento destes, na diferenciação das gemas da safra seguinte e na absorção de nutrientes (NACHTIGALL et al., 2010).

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 formação de frentes meteorológicas e da passagem de massas de ar (MACHADO et al., 2010). Os principais Estados onde a maçã é produzida apresentam condições climáticas semelhantes. Todavia, não são idênticas, evidência que reforça a heterogeneidade entre as regiões onde se cultiva a macieira, afetando tanto a produtividade quanto a qualidade dos frutos.

A radiação solar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica podem interferir em uma maior ou menor ocorrência de distúrbios fisiológicos (FERGUSON et al., 1999; HARKER et al., 1999).

A grande influência das condições climáticas na qualidade dos frutos, não é o único fator que pode alterar sua qualidade. A composição mineral dos frutos também é, em grande parte, um fator de fundamental importância e que precisa ser levado em consideração. A nutrição mineral da influencia a ocorrência de distúrbios fisiológicos.

O “bitter pit” caracteriza-se inicialmente como uma discreta mancha na polpa, de coloração escura, que se torna desidratada com o tempo, ocasionando pequenas depressões na epiderme do fruto (FERGUSON; WATKINS, 1989). O baixo conteúdo de cálcio (Ca) é o principal fator predisponente à sua ocorrência (SAURE, 2005; AMARANTE et al., 2005; AMARANTE et al., 2009).

Em muitas ocasiões, os produtores têm utilizado como informação para verificar a possível ocorrência de distúrbios fisiológicos, a análise de teores minerais na polpa fresca dos

frutos, cerca de três semanas antes da colheita (FERGUSON; WATKINS, 1989; NACHTIGALL; FREIRE, 1998; BASSO, 2002). Entretanto, na maioria das vezes a influência do clima não é considerada. Amarante et al. (2012), verificaram que regiões mais frias no Sul do Brasil favorecem a ocorrência de maiores teores de Ca e P, menores teores de N, e menores relações $(K+Mg)/Ca$ e N/Ca em frutos de macieira, o que é favorável para a diminuição do risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos em pós-colheita.

Correlacionar fatores climáticos com a composição mineral de frutos é de suma importância para monitorar a qualidade de frutos de macieira.

O objetivo deste trabalho foi determinar a qualidade de frutos de macieira produzidas no Sul do Brasil, avaliando as variáveis nutricionais e condições meteorológicas durante a safra 2012-2013.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MACIEIRA

A macieira caracteriza-se por ser uma espécie lenhosa, decídua e temperada (IUCHI, 2006).

No passado, a macieira foi denominada por diversos nomes científicos, entretanto *Malus domestica* Borkhausen foi o último nome proposto em 1803 e, de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura Botânica, é a primeira denominação válida publicada para a macieira cultivada (IUCHI, 2006). O centro de origem desta pomácea está localizado entre o Cáucaso, cadeia de montanhas da Ásia, e o leste da China (BLEICHER, 2006).

No Brasil, a cultura da macieira apresenta relevante destaque, o país passou de importador da fruta a exportador em menos de 20 anos (VASQUES et al., 2006). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estima que a colheita brasileira de maçãs em 2013 foi de 1,226 milhão de toneladas. A área plantada foi de 38.420 hectares (IBGE, 2014).

A produção de maçãs está distribuída em diversos estados brasileiros. Todavia, os pomares concentram-se basicamente na região Sul do Brasil (BONETI et al., 2006), que é o principal pólo produtor da fruta, sendo responsável por 99,6% da produção nacional. O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor (53,2% da produção), seguido por Santa Catarina (42,8% da produção) e Paraná (3,7% da produção) (IBGE, 2014).

As principais cultivares produzidas no Brasil são Gala, Fuji e seus clones mutantes (VASQUES et al., 2006). Estas cultivares possuem qualidades organolépticas que agradam o paladar do consumidor brasileiro (FIORAVANÇO et al., 2010a).

A cultivar Gala foi originada a partir de um cruzamento realizado na Nova Zelândia, em 1934, pelo melhorista J. H. Kidd, entre ‘Kidd's Orange Red’ x ‘Golden Delicious’. No ano de 1962 foi nomeada e lançada para plantio comercial, utilizando a denominação de ‘Gala’. Seu plantio comercial teve início no ano de 1965 (CAMILO; DENARDI, 2006). De acordo com Fioravanço et al. (2010a), entre as características das principais cultivares do grupo ‘Gala’ destacam-se floração abundante, elevada frutificação efetiva, pouca tendência à alternância da produção, além dos frutos apresentarem pouco *russeting* e ótima qualidade organoléptica.

A cultivar Fuji foi obtida através do cruzamento entre ‘Ralls Janet’ x ‘Delicious’, realizado no Japão, em 1939, por H. Niitsu. Foi selecionada no ano de 1958, e 4 anos depois recebeu o nome de ‘Fuji’. Sua introdução no Brasil deu-se em 1967 (CAMILO; DENARDI, 2006). As frutas, vermelho-estriadas sobre fundo verde, são doces, com baixa acidez, crocantes e muito suculentas, muito apreciadas pelo consumidor brasileiro (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004). As cultivares do grupo ‘Fuji’ destacam-se pelos atributos de qualidade, especialmente aroma, sabor, crocância e suculência (IGLESIAS et al., 2012).

2.2 FATORES CLIMÁTICOS

Entre os fatores de natureza climática limitantes ao cultivo da macieira, destacam-se temperatura, pluviosidade, umidade relativa, vento e insolação, que podem ser influenciados por fatores como latitude, altitude e a topografia da região (PETRI, 2006). Os fatores mais significativos são a temperatura e a precipitação (HOFFMANN; NACHTIGALL, 2004). O conhecimento de variáveis meteorológicas, entre elas, a precipitação e a temperatura são de fundamental importância para diversos setores, como a agropecuária (MACHADO et al., 2010).

A produção de maçãs, a exemplo de outras atividades agrícolas, é extremamente dependente das condições meteorológicas. As variações na produção e na qualidade dos frutos, que se constata de uma safra para outra, estão, invariavelmente, relacionados com essas condições (FIORAVANÇO et al., 2010b).

As condições meteorológicas adversas podem interferir nas produções futuras, haja visto a necessidade de desenvolver, utilizar e aprimorar métodos que possam minimizar ou gerenciar os problemas de produção de pomares (BOSCO, 2011).

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 formação de frentes meteorológicas e da passagem de massas de ar (MACHADO et al. 2010). Para Buriol et al. (1974), a variabilidade dos elementos climáticos constituem a base para a caracterização dos valores médios dos elementos meteorológicos mais influentes no crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

Pereira et al. (2009) e Cardoso (2011) demonstraram tendências de variação temporal em alguns elementos meteorológicos, indicando mudanças climáticas na região. Verificou-se que, nos Campos de Cima da Serra, houve tendência de aumento de temperatura mínima do ar e do número de dias de chuva, e diminuição da temperatura máxima do ar (PEREIRA et al., 2009). Para Vacaria, especificamente, Cardoso (2011) verificou tendência temporal de aumento da temperatura mínima do ar e da precipitação pluvial média da primavera, e redução do número de horas de frio. Ainda, segundo o mesmo autor, para a fruticultura temperada, as variações meteorológicas mais importantes estão relacionadas ao acúmulo de frio e às variações bruscas de temperatura.

As principais fases da macieira, entre elas o repouso vegetativo, a brotação, a floração e frutificação, a maturação e

colheita necessitam de condições ideais de temperatura, água e luz para que obtenham um bom desenvolvimento, produção e qualidade dos frutos (FIORAVANÇO et al., 2010b).

A macieira caracteriza-se pela queda das folhas no final de seu ciclo vegetativo e entrada em dormência. Após esse período, para que ocorra brotação e floração, é necessário que as gemas sejam submetidas a um determinado tempo à baixas temperaturas, considerando-se a soma de frio abaixo de 7,2 °C (IUCHI et al., 2002).

Durante o período de dormência, a quantidade e a qualidade de frio devem ser homogêneas e suficientes para evitar crescimento errático das plantas, e durante o período reprodutivo das macieiras, temperaturas do ar baixas podem provocar queda de flores e frutos (BOSCO, 2011). As baixas temperaturas, que ocorrem no inverno, desempenham uma dupla finalidade no ciclo da macieira, uma vez que induzem e terminam a dormência (ROBERTO; KAGUEYAMA; SANTOS, 2006). Entretanto, no inverno, a elevação da temperatura acima de 21 °C anula o efeito do frio que havia acumulado (HOFFMANN; NACHTIGALL, 2004). Oscilações de temperatura durante o período de dormência podem fazer com que as plantas permaneçam neste estado por um período maior, ou que ocorram brotações e florações desuniformes, sendo que grande parte das gemas podem permanecer dormentes (PETRI; PALLADINI; POLA, 2006). Ainda de acordo com os autores, em regiões de inverno ameno ou em regiões subtropicais com frio insuficiente para satisfazer as necessidades fisiológicas da dormência, ocorrem inúmeras anomalias que reduzem a produtividade e também a qualidade dos frutos.

A temperatura do ar tem efeito em todos os aspectos da produção de maçãs. Através desta variável são definidas as áreas aptas ao cultivo da macieira, por necessitar de um período de frio no inverno para a superação da dormência. A temperatura do ar determina a ocorrência das fases fenológicas

e influencia a formação do botão floral (ZHU et al., 1997). Para Palmer et al. (2003), com o aumento da temperatura do ar, e as mudanças climáticas que parecem inevitáveis, podem ocorrer mudanças nas resposta da macieira ao ambiente.

A temperatura também é importante na floração e polinização da macieira, uma vez que temperaturas inferiores a 10 °C nestas fases praticamente paralisam o crescimento do tubo polínico, dificultando tanto a fixação quanto a formação adequada dos frutos (HOFFMANN; NACHTIGALL, 2004). A macieira em repouso vegetativo resiste a temperaturas de até 20 °C ou 30 °C abaixo de zero, porém temperatura de -1 °C pode ser altamente prejudicial após o início da brotação, pois causa rompimento da parede celular e leva a morte das brotações e flores, além de ocasionar queda dos frutos jovens (MALUF et al., 2011).

A temperatura duas a três semanas após a floração influencia a forma dos frutos, uma vez que temperaturas baixas favorecem a alongação e as temperaturas elevadas induzem a formação de frutos achatados (PETRI, 2006). Ainda, segundo o mesmo autor, altas temperaturas, iguais ou superiores a 30 °C, na fase de crescimento tendem a ser prejudiciais, agravando-se se acompanhadas de estresse hídrico.

De acordo com Silva et al. (2007), a ocorrência de precipitação pluvial, e sua variação ao longo de um ciclo de cultivo, são essenciais para a obtenção de rendimentos satisfatórios, visto ser um dos elementos determinantes para o sucesso dos cultivos.

Para Nachtigall et al. (2009) a deficiência de água durante o desenvolvimento dos frutos pode influenciar o tamanho final destes, pela redução da absorção de nutrientes e da fotossíntese, além de prejudicar a diferenciação das gemas floríferas no ciclo seguinte. Todavia, dias seguidos com chuva podem diminuir a atividade fotossintética, pela menor radiação solar ocasionada pela nebulosidade. O excesso de chuva

interfere na atividade das abelhas na floração das plantas e pode aumentar a incidência de doenças.

Na região Sul do Brasil ocorrem elevados índices pluviométricos, porém, é comum a ocorrência de períodos de déficit hídrico (CONCEIÇÃO et al., 2010).

Em macieiras, a radiação solar influencia a diferenciação de gemas, a razão entre gemas vegetativas e reprodutivas e o potencial fotossintético das folhas, que são responsáveis pelo crescimento dos frutos (SANSVINI; GRAPPADELLI, 1992). Além disso, a duração e a quantidade de radiação solar afetam a partição de carbono entre diferentes formas químicas (transporte ou armazenamento) e entre drenos vegetativos e reprodutivos (WUNCHE et al., 1996). A radiação pode afetar a qualidade dos frutos, como a coloração da epiderme, os teores de sólidos solúveis, a acidez e a incidência de distúrbios no armazenamento.

Segundo Leite et al. (2002), a intensidade luminosa e a amplitude térmica afetam a qualidade de frutos de maçã, principalmente quanto aos teores de sólidos solúveis, coloração e firmeza de polpa.

A demanda evaporativa é influenciada pela umidade relativa do ar, que interfere na transpiração das plantas. A baixa umidade relativa determina excesso de transpiração das plantas e pode ocasionar desordens fisiológicas (PENROSE; NICOL, 1996).

O vento, quando em velocidades baixas ou moderadas, renova o suprimento de CO₂ e mantém a transpiração das plantas. Entretanto, quando intenso, provoca o fechamento estomático e redução da fotossíntese. Além disso, pode reduzir a atividade das abelhas, reduzir a eficiência dos produtos fitossanitários, provocar queda de flores e frutos e quebra de troncos e galhos (NACHTIGALL et al., 2009).

Maçãs atingidos por granizo após a floração ficam deformados, e nos frutos maiores, as lesões ocasionadas favorecem a entrada de agentes patogênicos, impossibilitando a

comercialização (LEITE et al., 2002). As chuvas de granizo ocorrem de maneira rápida e geralmente apresentam tamanho entre 1,5 e 2,0 cm de diâmetro (OTTO et al., 2012). O granizo é um fenômeno altamente prejudicial porque pode danificar as plantas em poucos minutos (MALUF et al., 2011).

Além das condições climáticas, as alterações na composição mineral dos frutos também podem interferir de forma significativa na ocorrência de doenças distúrbios fisiológicos a qualidade pós-colheita dos frutos (AMARANTE et al., 2012).

2.3 ANÁLISE MINERAL DAS FOLHAS

Durante as fases de crescimento e desenvolvimento das plantas ocorrem mudanças em suas necessidades minerais, podendo afetar a produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os produtores utilizam a análise de solo e a análise foliar para proceder as fertilizações das culturas.

A análise foliar mostra-se importante na avaliação da disponibilidade de nutrientes para a macieira, principalmente quando associada a análise de solo, dados de produtividade e histórico de manejo do pomar (ERNANI, 2003). A associação destas duas análises permitem um diagnóstico mais eficiente do estado nutricional das plantas (FAQUIN, 2002). A análise foliar mostra-se como um bom instrumento de monitoramento periódico do estado nutricional das plantas, a fim de que quando ocorram desequilíbrios, medidas de correção possam ser tomadas (GIRARDI et al., 2004).

Na diagnose foliar são analisados as concentrações dos nutrientes em folhas, em períodos definidos do ciclo da planta, e comparados com padrões nutricionais obtidos nas literaturas (FAQUIN, 2002). Nela pode-se identificar sintomas visuais de deficiência, principalmente em se tratando da ocorrência de mais de um sintoma (SUZUKI; BASSO, 2006).

Para Suzuki e Basso (2006), a utilização das folhas para a avaliação do estado nutricional das plantas, além de ser um método prático, leva em conta que a folha é o principal órgão do metabolismo da planta, e que as mudanças no suprimento de nutrientes são refletidas na composição mineral das folhas.

A adubação foliar é uma prática para corrigir, de forma rápida, deficiências das plantas e complementar a aplicação de nutrientes via solo (NAVA et al., 2002).

2.4 ANÁLISE MINERAL DOS FRUTOS

A análise das frutas permite o diagnóstico do equilíbrio nutricional durante o crescimento destas e próximo a colheita, permitindo tomadas de decisão quanto a destinação destas frutas em pós-colheita (NACHTIGALL et al., 2004), através da comercialização imediata ou armazenamento da fruta (GIRARDI et al., 2004).

Os distúrbios fisiológicos são alterações não parasitárias que afetam as frutas, alterando seu metabolismo normal durante as fases de maturação e senescência, deixando os frutos com aparência e/ou sabores anormais (CANTILANO; GIRARDI, 2004).

Um importante distúrbio fisiológico em maçãs é o “bitter pit”, que geralmente se desenvolve durante o armazenamento. O “bitter pit” ocorre em todas as áreas de produção de maçãs do mundo. No Brasil, esse distúrbio ocorre em maçãs ‘Gala’, ‘Fuji’ e ‘Catarina’ (NACHTIGALL; FREIRE, 1998; AMARANTE et al., 2005, AMARANTE et al., 2006a). O baixo conteúdo de Ca é o principal fator predisponente à ocorrência de “bitter pit” (SAURE, 2005; AMARANTE et al., 2005; AMARANTE et al., 2009).

O sintoma primário do “bitter pit” é uma discreta mancha na polpa, de coloração escura, que se torna desidratada com o tempo, criando assim pequenas depressões na epiderme do fruto (FERGUSON; WATKINS, 1989). Apesar deste

distúrbio desenvolver-se durante a fase de frigoconservação, suas causas e fatores predisponentes estão presentes no pomar, podendo, em casos extremos, os sintomas aparecerem antes da colheita (FERGUSON; WATKINS, 1989). O vigor excessivo em plantas, baixa carga de frutos, adubações nitrogenadas excessivas, deficiência hídrica e antecipação da colheita são fatores que contribuem para o aumento da incidência de “bitter pit” (FERGUSON; WATKINS, 1989; SAURE, 2005). Em pós-colheita pode haver incidência de “bitter pit” em até 30 % dos frutos, em safras que as condições são favoráveis ao distúrbio (BASSO, 2002).

A ocorrência de “bitter pit” na cultivar Gala está associada aos baixos teores de Ca na casca e na polpa e altos teores de K na casca (AMARANTE et al., 2006b). Além da deficiência de Ca, o desenvolvimento de “bitter pit” está relacionado com elevados conteúdos de outros nutrientes nos frutos, principalmente magnésio (Mg), K e nitrogênio (N) (FERGUSON; WATKINS, 1989; ARGENTA; SUZUKI, 1994; NACHTIGALL; FREIRE, 1998; AMARANTE et al., 2006a). Relações altas de K/Ca, (K+Mg)/Ca e N/Ca resultam em frutos com maior susceptibilidade ao “bitter pit” (NACHTIGALL; FREIRE, 1998; AMARANTE et al., 2006a).

O Ca exerce um importante papel na permeabilidade seletiva e na estruturação e na funcionalidade das membranas celulares, por meio da ligação de fosfolipídeos e de monogalactosildiacylgliceróis na superfície da membrana (FREITAS et al., 2010). A deficiência de Ca pode reduzir a integridade da parede celular e comprometer a permeabilidade seletiva das membranas celulares, resultando em injúria e necrose dos tecidos (FERGUSON; WATKINS, 1989; POOVAIAH et al., 1988).

A análise de teores minerais na polpa fresca dos frutos, cerca de três semanas antes da colheita comercial, é utilizada para prever o risco de comprometimento da qualidade pós-colheita em maçãs durante o armazenamento refrigerado

(FERGUSON; WATKINS, 1989; NACHTIGALL; FREIRE, 1998; BASSO, 2002).

Para o Sul do Brasil, adotou-se como nível crítico de Ca nos frutos o teor de 40 mg kg^{-1} (em matéria fresca). Abaixo deste valor, os riscos de comprometimento da qualidade e de ocorrência de distúrbios fisiológicos pós-colheita em maçãs são aumentados (ARGENTA; SUZUKI, 1994; AMARANTE et al., 2012).

Frutos com teores muito altos de N também apresentam baixo potencial de conservação durante o armazenamento refrigerado, bem como maior risco de ocorrência de podridões e distúrbios fisiológicos (NEILSEN; NEILSEN, 2009). Maçãs com teores de N superiores a 500 mg kg^{-1} e com valores da relação N/Ca superiores a 14 apresentam maiores riscos de ocorrência de "bitter pit" (AMARANTE et al., 2010).

Amarante et al. (2012), avaliando anualmente a composição mineral dos frutos nas cultivares Gala e Fuji, produzidas nas regiões de Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, durante o período de 1991 a 2007, verificaram que regiões mais frias favorecem a ocorrência de maiores teores de Ca e P, menores teores de N e menores relações (K+Mg)/Ca e N/Ca, o que é favorável para a diminuição do risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos em pós-colheita.

Durante o armazenamento de maçãs 'Fuji', um dos maiores problemas verificados são a redução acentuada do conteúdo de ácidos, o desenvolvimento de degenerescência da polpa e a ocorrência de podridões (BRACKMANN et al., 2002).

A degenerescência está relacionada a altos níveis de CO_2 durante o armazenamento em condição de atmosfera controlada (AC), porém fatores climáticos podem interferir na maior ocorrência. Segundo Ferguson et al. (1999) e Harker et al. (1999), a temperatura durante o crescimento e maturação dos frutos pode exercer forte influência sobre o desenvolvimento de degenerescência da polpa. Estes autores

ainda citam que a radiação solar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica também podem interferir em uma maior ou menor ocorrência de distúrbios fisiológicos.

A nutrição mineral também interfere no desenvolvimento pós-colheita da degenerescência da polpa associada à sensibilidade ao CO₂ em AC (CANTILLANO; GIRARDI, 2004). Os minerais podem influenciar a funcionalidade, a estrutura e a estabilidade das células, o que conseqüentemente influencia na ocorrência de desordens fisiológicas (JAMES; JOBLIN, 2009). O Ca é o elemento mais comumente associado à qualidade de frutos e a ocorrência de desordens fisiológicas (FERGUSON et al., 1999).

Conteúdos elevados de K na colheita têm sido negativamente correlacionados com a qualidade dos frutos após o armazenamento (SZUCS; KALLAY, 1999).

Além do efeito que cada nutriente pode exercer sobre a degenerescência da polpa, a relação entre as concentrações de nutrientes na polpa também pode influenciar a predisposição dos frutos ao desenvolvimento da degenerescência da polpa (HUNSCHE, 2001). Os frutos com alta relação K/Ca apresentaram elevada incidência de distúrbios fisiológicos no armazenamento (ANDZIAK; TOMALA, 2004). Segundo Wills e Scott (1981), quanto maior a relação K/Ca nos frutos, maior sua predisposição para desenvolver degenerescência da polpa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O trabalho foi desenvolvido na safra 2012-2013, nos principais pólos produtores de maçã, abrangendo os municípios localizados nos Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: Fraiburgo-SC, Vacaria-RS, São Joaquim-SC, Bom Jesus-RS e Caxias do Sul-RS.

Para realização do experimento foram selecionadas propriedades produtoras de maçã ‘Gala’ e ‘Fuji’ (pequenas, médias e grandes), que deveriam apresentar as seguintes características: a) estarem localizadas nas áreas produtoras de maçã do Rio Grande do Sul e Santa Catarina; b) apresentarem diversidade de cultivares e portaenxertos; c) possuírem pomares plantados entre 2003 e 2008.

Os pomares menores representaram um ponto de amostragem, enquanto nas áreas mais extensas, a amostragem foi representada por uma área definida dentro do pomar (quadra), totalizando 76 pontos de amostragem, cuja descrição é apresentada no Anexo A.

De acordo com a Classificação de Köppen, as regiões dos municípios de Vacaria, São Joaquim, Bom Jesus e Caxias do Sul apresentam clima do tipo Cfb-subtropical úmido, com verões amenos. Em Fraiburgo o clima é classificado como Cfa-subtropical úmido. Os municípios de Vacaria, São Joaquim, Bom Jesus, Caxias do Sul e Fraiburgo apresentam altitudes médias de 971, 1.360, 1.046, 817 e 1.048 m, respectivamente.

Os solos predominantes são Nitossolo em Fraiburgo, Cambissolo e Neossolo em São Joaquim, Latossolo em Vacaria, Cambissolo em Bom Jesus e Neossolo em Caxias do Sul, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006).

3.2 BASE DE DADOS METEOROLÓGICOS

O trabalho foi realizado utilizando uma base de dados meteorológicos provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados climáticos foram coletados de estações meteorológicas automáticas e convencionais.

As estações meteorológicas automáticas disponibilizam os dados climáticos a cada hora, totalizando 24 leituras no dia, enquanto nas estações convencionais os dados utilizados são diários. Nas estações convencionais, a temperatura máxima é colhida às 00 horas UTC do dia, temperatura mínima às 12 horas UTC do dia, chuva é o acumulado das últimas 24 horas, colhida às 12 horas UTC.

As estações automáticas do INMET utilizadas para coleta de dados meteorológicos encontram-se localizadas em Vacaria (Latitude: -28.5136° , Longitude: -50.8828° e Altitude: 986 m), São Joaquim (Latitude: -28.2756° , Longitude: -49.9344° e Altitude: 1,410 m) e Curitiba (Latitude: -27.2886° Longitude: -50.6042° e Altitude: 982 m).

A estação meteorológica automática do INMET localizada em Curitiba-SC foi utilizada como referência neste trabalho, para o estudo da região de Fraiburgo, uma vez que em Fraiburgo não foi possível obter os dados climáticos no período necessário.

Em duas regiões foram utilizados os dados de estações convencionais do INMET, pois nessas localidades não encontra-se estações automáticas. Estas estações estão localizadas nos municípios de Caxias do Sul (Latitude: -29.16 , Longitude: -51.2 e Altitude 759 m) e Bom Jesus (Latitude: -28.67° , Longitude: -50.43° Altitude: 1.047 m).

Em todas as estações foram utilizados as variáveis meteorológicas temperaturas máximas e temperaturas mínimas ($^\circ\text{C}$), velocidade do vento (m/s) e precipitação pluviométrica (mm). As variáveis amplitude térmica ($^\circ\text{C}$), temperatura média

(°C) e número de dias de chuvas foram calculadas baseado nos dados obtidos.

3.3 ANÁLISE DE DADOS METEOROLÓGICOS

Primeiramente verificou-se a consistência dos dados diários através de análises visuais, objetivando evitar erros. Para todas as variáveis analisadas, foram calculadas as médias mensais e anuais do período avaliado, na safra 2012-2013.

3.4 COLETA DE FOLHAS E ANÁLISE MINERAL

Amostras de folhas das cultivares Gala e Fuji foram coletadas na primeira quinzena do mês de novembro de 2012, em todas as regiões avaliadas. Estas amostras foram compostas por 200 folhas completas (limbo com pecíolo), coletadas de forma aleatória e representativa da área. As mesmas foram obtidas da porção média dos ramos do ano, em altura acessível, sem a utilização de escadas, nos quatro lados das plantas. Após as coletas, cada amostra foi identificada, colocada em saco de papel, e levada para secar em estufa de circulação de ar forçado a 60 °C, até peso constante.

As concentrações de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco) foram determinados conforme metodologia descrita por Freire (1998).

3.5 COLHEITA E PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS

A colheita dos frutos das cultivares Gala e Fuji foi realizada no estádio de maturação comercial, segundo critério adotado pelo produtor ou Empresa. Em cada ponto de amostragem foram colhidos aproximadamente 150 frutos. Os mesmos, coletados de diferentes lados da planta, de forma aleatória e representativa da área. As coletas foram realizadas

sem a utilização de escadas, sendo obtidos os frutos que apresentavam-se acessíveis ao coletor.

Após colhidos, os frutos foram colocados em bandejas, e estas em caixas plásticas. Posteriormente, os frutos foram transportados para o Laboratório de Nutrição e Fitotecnia da Estação de Fruticultura de Clima Temperado (EFCT) da Embrapa Uva e Vinho, localizada em Vacaria-RS, sendo descartados os frutos danificados, atacados por pragas e com sintomas de doenças.

No laboratório, para cada ponto de amostragem, foi avaliado o número, o peso e o tamanho dos frutos. O tamanho foi avaliado conforme as seguintes categorias comerciais, considerando o diâmetro na região equatorial: extra (acima de 70 mm), especial (de 65 a 70 mm), comercial (de 55 a 65 mm) e refugo (até 55 mm). Os mesmos foram avaliados manualmente, com auxílio de uma tábua de classificação. Na sequência, foi realizada a análise inicial de 20 frutos de cada amostra, quanto a firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), índice de iodo-amido (escala de 1-5) e diâmetro transversal e longitudinal em milímetros (mm).

A firmeza da polpa (N) foi medida com penetrômetro digital, com ponteira de 11 mm, efetuando-se duas leituras em lados opostos na região equatorial dos frutos, após remoção de uma pequena porção da epiderme.

Os teores de sólidos solúveis (°Brix) foram determinados com o uso de um refratômetro digital, a partir do suco extraído dos 20 frutos utilizados anteriormente na determinação da firmeza da polpa.

A acidez titulável foi determinada através de uma amostra de 10 mL de suco dos frutos, extraídos previamente de fatias transversais e trituradas em centrífuga. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio a 0,1 N, até atingir pH 8,1.

O teste de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos

tratada com uma solução de iodo, em uma escala de 1 a 5 elaborada por Werner (1989), em que o índice 1 indica o teor máximo de amido e o índice 5 representa o amido totalmente hidrolisado.

Com auxílio de um paquímetro digital, foram realizadas as leituras do diâmetro transversal e longitudinal, em cada fruto. Com essas medidas, determinou-se o índice de formato dos frutos (IF).

As demais amostras de frutos foram mantidas durante 120 dias em armazenagem refrigerada sob atmosfera do ar (AA), com umidade relativa do ar de 90 ± 5 % e temperatura de 0 ± 2 °C.

Após o período de armazenagem, as amostras de frutos, foram mantidas por sete dias a 20 °C, para simulação do período de prateleira, e posteriormente avaliou-se as mesmas variáveis consideradas nas avaliações iniciais, com exceção do diâmetro vertical e horizontal e do índice de iodo-amido.

3.6 ANÁLISE MINERAL DOS FRUTOS

Para determinar as concentrações de macronutrientes em polpa fresca, foram utilizados 20 frutos de cada amostra.

A casca dos frutos foi removida, na região equatorial, retirando, aproximadamente, dois centímetros desta. Em seguida, com auxílio de um furador de rolhas número 5, com diâmetro de 8 mm, introduziu-se na região equatorial, da parte externa do fruto para parte interna, em direção as sementes. Foi introduzido aproximadamente 20 mm e retirou-se pequenas porções da polpa ao longo da circunferência do fruto.

Estas amostras foram identificadas e utilizadas posteriormente para determinar as concentrações minerais. Foram determinadas as concentrações de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), conforme metodologia descrita por Freire (1998), no Laboratório de Solos da Embrapa Uva e Vinho em Bento Gonçalves-RS.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

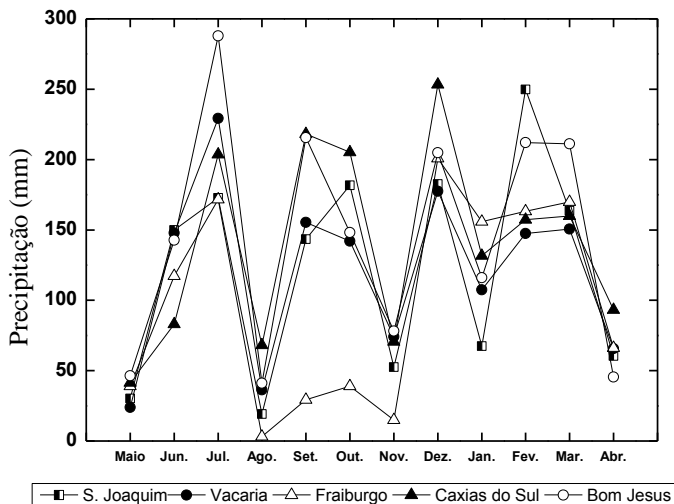
A análise estatística dos dados coletados foi realizada utilizando o programa SAS (SAS Institute, 2002). Diferenças quanto aos atributos de maturação e qualidade dos frutos, e composição mineral de folhas e frutos, em função da região de produção, foram analisadas através do teste de Tukey ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS SAFRA 2012-2013

Os valores de precipitação pluviométrica verificados na safra 2012-2013, apresentaram grande variação entre regiões ao longo do período avaliado (Figura 1).

Figura 1 - Médias mensais de precipitação pluvial nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor.

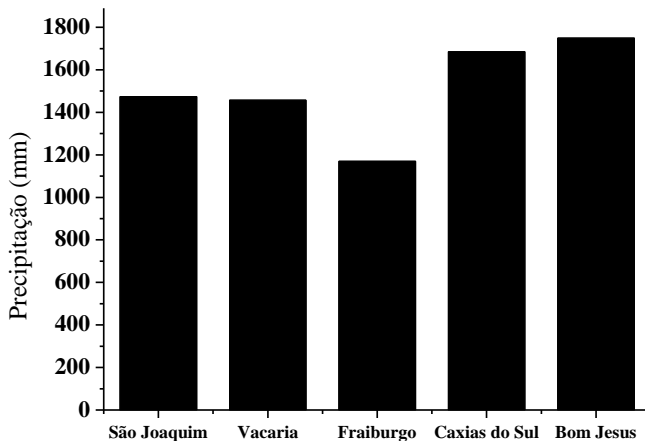
Nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro Fraiburgo registrou volumes de chuva bem abaixo das demais regiões.

O coeficiente de cultivo (K_c) da macieira para a região dos Campos de Cima da Serra foi determinado por Conceição et al. (2011), onde os maiores valores foram verificados nos meses de janeiro, fevereiro e março, com um gasto médio de 2,0 a 3,0 mm/dia, o que gera um consumo de 20.000 a 30.000 $L ha^{-1}$.

O crescimento dos frutos é afetado pelo nível de água no solo durante a fase de alongação celular. Na maturação ocorre o aumento do tamanho dos frutos, principalmente, em função do acúmulo de água (FACHINELLO et al., 1996; BEUKES; WEBER, 1982).

Bom Jesus apresentou os maiores valores médios de precipitação pluviométrica anual (1.749 mm), sendo o menor valor observado em Fraiburgo (1.170 mm) (Figura 2).

Figura 2 - Médias anuais de precipitação pluvial nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



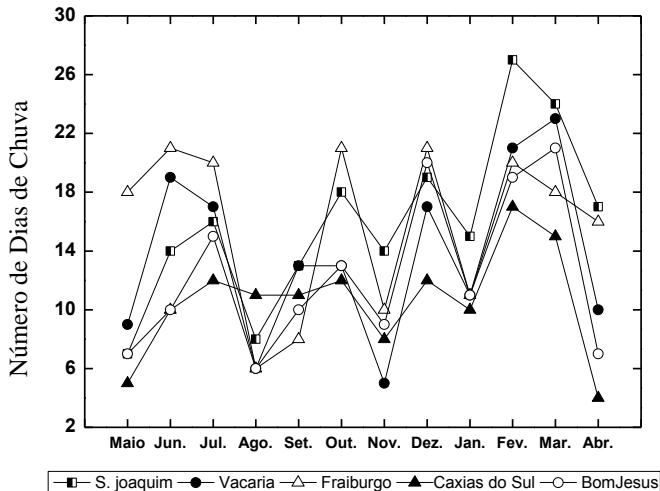
Fonte: Produção do próprio autor.

Em Vacaria, o volume de chuva foi inferior ao encontrado por Pereira et al. (2009), no qual a média anual de precipitação pluvial foi superior a 1.600 mm.

É importante ressaltar que as precipitações pluviais devem ocorrer durante todo o ciclo da macieira, de forma regular, para garantir excelente desenvolvimento e produção.

Considerando o número de dias de chuva para os meses de maio a julho, Caxias do Sul apresentou os menores valores e Fraiburgo os maiores valores (Figura 3).

Figura 3 - Número de dias com chuvas nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor.

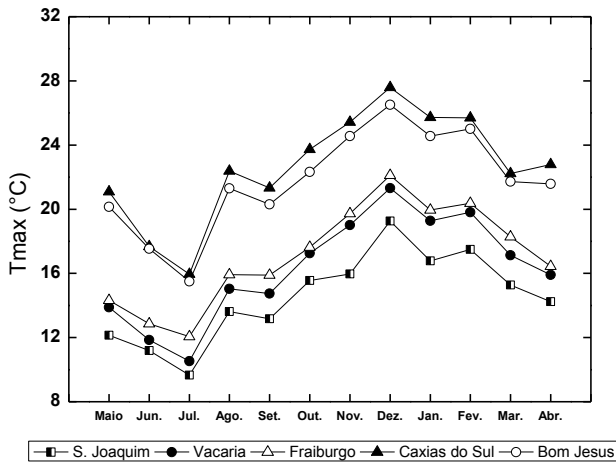
Avaliando os meses de janeiro a abril, São Joaquim apresentou maior número de dias de chuva e Caxias do Sul o menor (Figura 3).

Verifica-se que Bom Jesus apresentou chuvas mais intensas (Figura 2), e Caxias do Sul apresentou menor número de dias com chuvas (Figura 3).

As cultivares Gala e Fuji, de maneira geral, florescem entre os meses de setembro e outubro. Nessa fase, a ocorrência de precipitações intensas são prejudiciais à polinização, uma vez que afetam negativamente a atividade dos insetos.

Os maiores valores de temperatura máxima foram observados em Caxias do Sul, e os menores valores observados em São Joaquim (Figura 4).

Figura 4 - Médias mensais de temperatura máxima (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor.

Os menores valores de temperatura máxima na safra 2012-2013 foram no mês de julho, e os maiores no mês de dezembro (Figura 4).

De um modo geral, na maior parte do período, as temperaturas médias mensais máximas mantiveram-se inferiores a 16 °C, durante o período de dormência, ou seja, dentro do intervalo considerado efetivo para o somatório de horas de frio, que é de 5 °C a 16 °C, com exceção de Caxias do Sul e Bom Jesus.

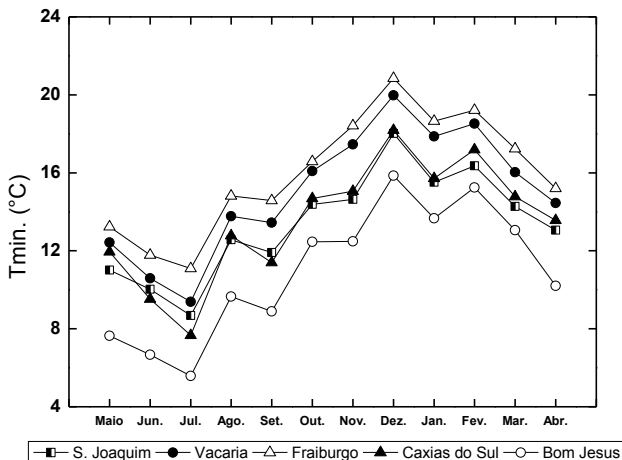
Segundo Allan e Burnett (1995), temperaturas altas durante o dia no período de dormência, superiores a 16 °C, apresentam efeito adverso no acúmulo de horas de frio.

Comparando os valores de temperatura máxima obtidos em julho, Caxias do Sul apresentou a maior temperatura máxima, 16,3 °C, e São Joaquim a menor 10,8 °C, com uma diferença entre essas regiões de 5,5 °C. Diferença entre essas regiões para temperatura máxima média também foi observada no mês dezembro, porém maior, onde Caxias do Sul apresentou uma temperatura máxima média 9,3 °C superior a São Joaquim.

As mais baixas temperaturas mínimas médias foram registradas no mês de julho (Figura 5).

Entre as regiões avaliadas, Bom Jesus foi a que apresentou os valores mais baixos de temperatura mínima média em todo o período, apresentando resultados bem inferiores as demais regiões avaliadas. Fraiburgo apresentou os maiores valores de temperatura mínima média, seguido por Vacaria (Figura 5).

Figura 5 - Médias mensais de temperatura mínima (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor.

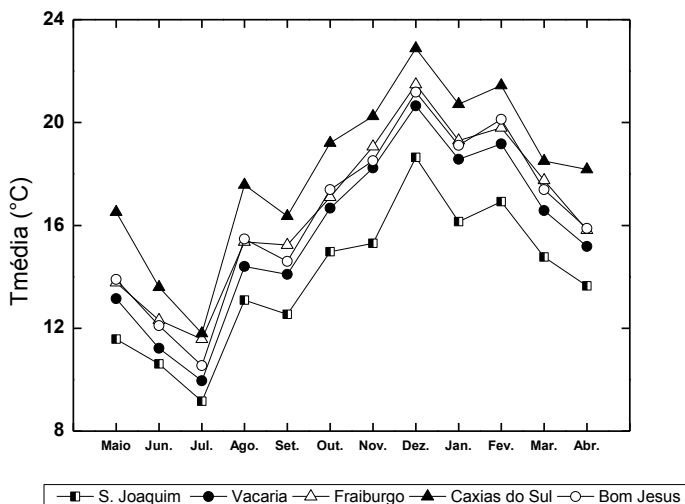
A temperatura mínima média de Bom Jesus chegou em alguns meses apresentar uma diferença de 6 °C, comparado a Fraiburgo, e manteve uma diferença de 3 °C em todos os meses avaliados (Figura 5).

Os maiores valores de temperaturas médias mensais foram verificado na região de Caxias do Sul, e os menores valores em São Joaquim (Figura 6). Esse resultado corrobora com os obtidos na normal climatológica de 1961-1990. Segundo Ushirozawa (1978), nos meses de verão, a temperatura média não deve ultrapassar 25 °C, para a cultura da macieira.

As regiões com maior aptidão para a macieira, em geral, apresentam a temperatura média de verão inferior a 22 °C. Entre 22 °C e 23,9 °C, os verões já são demasiadamente

quentes, mas a produção é ainda satisfatória (WILSIE, 1966). Conforme observa-se, Caxias do Sul e Bom Jesus apresentaram valores superiores a 22 °C nos meses de verão, São Joaquim apresentou resultados inferiores (Figura 6).

Figura 6 - Médias mensais de temperatura média (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



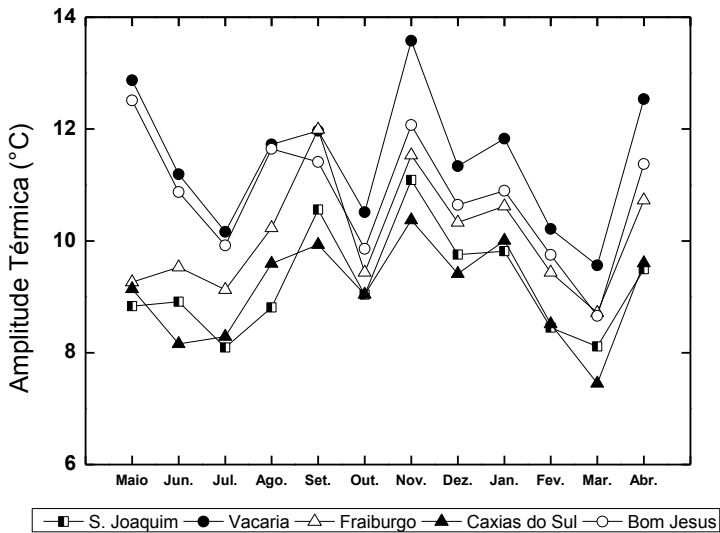
Fonte: Produção do próprio autor.

Os menores valores médios de amplitude térmica mensal (diferença entre as médias mensais de temperaturas máximas e mínimas) foram observados no mês de março (Figura 7).

Amplitude térmica entre o dia e a noite é importante para a formação da cor vermelha da epiderme dos frutos na maturação (FIORAVANÇO et al., 2010a).

Os maiores valores médios de amplitude térmica foram observados em Vacaria e Bom Jesus, no mês de novembro (Figura 7).

Figura 7 - Amplitude térmica média mensal (°C) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



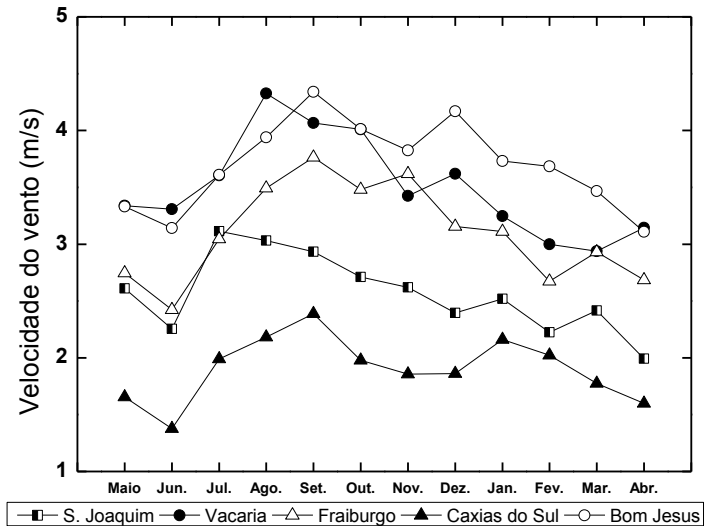
Fonte: Produção do próprio autor.

Caxias do Sul apresentou os menores valores de velocidade média do vento, seguida por São Joaquim (Figura 8).

As maiores velocidades médias do vento foram observadas nos meses de agosto e setembro, com exceção de São Joaquim, que apresentou maior velocidade média do vento em julho (Figura 8).

Nos meses de setembro e outubro, velocidades altas do vento podem prejudicar significativamente o trabalho de polinização das abelhas, prejudicando a frutificação efetiva.

Figura 8 - Médias mensais de velocidade do vento (m/s) nas regiões de São Joaquim/SC, Vacaria/RS, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, de maio de 2012 a abril de 2013.



Fonte: Produção do próprio autor.

4.2 COMPOSIÇÃO MINERAL DAS FOLHAS

Observou-se que a concentração de N nas folhas de macieira variou entre 18,5 e 23,7 g kg⁻¹, a de P entre 2,0 e 3,2 g kg⁻¹, a de K entre 14,3 e 23,5 g kg⁻¹, a de Ca entre 8,3 e 12,3 g kg⁻¹, a de Mg entre 2,5 e 4,3 g kg⁻¹, e a de S entre 1,8 e 2,9 mg kg⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1- Média \pm desvio-padrão das concentrações de macronutrientes (g kg^{-1} de peso seco) de amostras de folhas de macieiras ‘Gala’ e ‘Fuji’, coletadas em diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013.

Regiões	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
'Gala'						
Vacaria	21,6 \pm 1,9 ^{ns}	2,1 \pm 0,6 ^{ns}	17,2 \pm 3,7 AB	10,3 \pm 2,9 AB	3,6 \pm 0,7 A	1,8 \pm 0,2 B
São Joaquim	21,0 \pm 1,8	2,6 \pm 0,4	19,0 \pm 5,4 AB	12,3 \pm 2,5 A	3,1 \pm 0,2 AB	2,0 \pm 0,2 AB
Fraiburgo	20,5 \pm 3,2	2,1 \pm 0,2	16,3 \pm 2,1 AB	8,3 \pm 1,6 B	2,6 \pm 0,5 B	2,4 \pm 0,5 A
Caxias do Sul	20,0 \pm 1,0	2,6 \pm 0,3	14,3 \pm 1,5 B	11,0 \pm 2,0 AB	3,2 \pm 0,6 AB	2,7 \pm 0,8 AB
Bom Jesus	18,5 \pm 2,1	2,1 \pm 0,1	23,5 \pm 0,7 A	11,5 \pm 2,1 AB	4,3 \pm 1,2 A	2,0 \pm 0,1 AB
CV (%)	11,43	24,34	20,16	24,72	19,4	17,95
'Fuji'						
Vacaria	23,1 \pm 2,2 ^{ns}	2,0 \pm 0,3 B	15,8 \pm 2,7 ^{ns}	13,1 \pm 4,2 ^{ns}	3,5 \pm 0,6 A	1,9 \pm 0,2 B
São Joaquim	21,8 \pm 4,6	3,2 \pm 0,7 A	17,3 \pm 4,8	13,6 \pm 2,4	3,1 \pm 0,5 AB	2,0 \pm 0,3 B
Fraiburgo	21,8 \pm 3,1	2,3 \pm 0,1 B	16,0 \pm 2,4	10,2 \pm 0,6	2,5 \pm 0,1 B	2,3 \pm 0,2 B
Caxias do Sul	23,7 \pm 1,5	2,6 \pm 0,4 AB	15,0 \pm 1,7	9,1 \pm 0,5	2,6 \pm 0,3 AB	2,9 \pm 0,2 A
Bom Jesus	22,0 \pm 1,1	2,5 \pm 0,2 AB	19,5 \pm 2,1	11,5 \pm 0,7	3,7 \pm 0,1 AB	2,3 \pm 0,2 B
CV (%)	12,7	18,7	19,2	27,09	17,5	12,2

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns = não significativo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Considerando os valores de K, Ca, Mg e S em folhas de macieira da cultivar Gala, é possível inferir que houve diferença significativa entre as regiões avaliadas. Bom Jesus apresentou as maiores concentrações de K e Mg, com 23,5 g kg^{-1} e 4,3 g kg^{-1} respectivamente. A menor concentração de K no tecido foliar foi verificado em Caxias do Sul, com 14,3 g kg^{-1} , e Fraiburgo apresentou a menor concentração de Mg, 2,6 g kg^{-1} (Tabela 1).

Os resultados obtidos para concentração de K foliar em ambas as cultivares e nos diferentes locais de produção,

demonstram que, segundo recomendações para a cultura da macieira considerando a coleta de folhas entre 15 de janeiro a 15 de fevereiro (BASSO et al., 1986), (Anexo B), situaram-se na faixa acima do normal, com valores entre 15,1 e 20 g kg⁻¹, com exceção de Caxias do Sul, que situou-se na faixa normal, com 14,3 g kg⁻¹ na 'Gala' e 15 g kg⁻¹ para 'Fuji'. Todavia, mesmo a coleta de folhas sendo realizada em novembro pode-se considerar os valores de referência de Basso et al., (1986), visto que, Nachtigall (2005), avaliando 70 pomares de macieiras no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina não observou efeito da época de coleta de folhas nas concentrações de K.

Resultado semelhante foi observado por Nachtigall (2004), avaliando a concentração de nutrientes em macieiras cultivadas nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que verificou concentrações de K na faixa considerada acima do normal. Possivelmente, os produtores tem aplicado adubações potássicas altas, o que eleva os teores de K no solo, e assim, aumenta a disponibilidade para a planta.

Para as duas cultivares, não houve diferença significativa nas concentrações de N no tecido foliar entre regiões (Tabela 1).

Em Fraiburgo, as concentrações de Ca nas folhas de macieira das cultivares Gala e Fuji ficaram abaixo do normal, segundo recomendações para a cultura da macieira (BASSO et al., 1986), com 8,3 g kg⁻¹ e 10,2 g kg⁻¹, respectivamente. Também em Caxias do Sul para 'Fuji', a concentração de Ca foliar ficou abaixo do normal (9,1 g kg⁻¹). Segundo Nachtigall (2005), as concentrações de Ca nas folhas de macieiras coletadas em novembro apresentam valores inferiores aos valores obtidos quando a análise é realizada em fevereiro.

Verificou-se na região de Bom Jesus as maiores concentrações de Mg nas folhas de macieiras da cultivar Gala, diferindo significativamente de Fraiburgo, mas não diferindo de Caxias do Sul, São Joaquim e Vacaria (Tabela 1). Para

‘Fuji’, a maior concentração de Mg foi obtido em Vacaria, com $3,5 \text{ g kg}^{-1}$, diferindo de Fraiburgo, mas não das demais regiões.

Considerando a concentração de S nas folhas de macieiras, Caxias do Sul demonstrou resultados superiores às demais regiões, tanto em ‘Gala’ como em ‘Fuji’ (Tabela 1).

Nos pomares avaliados, houve grande variação nas concentrações de Fe, Mn, Zn e Cu (Tabela 2). Isto pode ser atribuído à contaminação da amostra por produtos fitossanitários, que são utilizados para o controle de pragas e doenças, ou adubação foliar com micronutrientes. Nachtigall, (2004), avaliando a concentração foliar de macro e micronutrientes em 70 pomares de macieiras, dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, também observou grande variação nas concentrações de Fe, Mn e Zn entre pomares.

A concentração de Cu nas folhas de macieira variou entre $6,0$ e $11,6 \text{ mg kg}^{-1}$, a de Zn entre $37,1$ e $213,1 \text{ mg kg}^{-1}$, a de Fe entre $63,3$ e 140 mg kg^{-1} , a de Mn entre $95,4$ e $631,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e a de B entre $29,6$ e $44,7 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 2).

A concentração média de Zn no tecido foliar, na cultivar Gala, foi maior em Fraiburgo, $213,1 \text{ mg kg}^{-1}$, não diferindo de Caxias do Sul, com $143,3 \text{ mg kg}^{-1}$. As demais regiões obtiveram resultados entre $37,1$ e $50,1 \text{ mg kg}^{-1}$, enquadrando-se na faixa normal. Considerando a ‘Fuji’, os resultados foram semelhantes a ‘Gala’, com Fraiburgo e Caxias do Sul apresentando os valores mais altos de Zn foliar (Tabela 2).

As concentrações médias de Fe nas folhas das cultivares Gala e Fuji encontram-se na faixa considerada normal por Basso et al. (1986), não havendo efeito de região para ‘Gala’. Todavia, em ‘Fuji’ ocorreram diferença entre as regiões de Fraiburgo, com $140,8 \text{ mg kg}^{-1}$, e Caxias do Sul, com $68,6 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2 - Média \pm desvio-padrão das concentrações de micronutrientes (mg kg^{-1}) de amostras de folhas de macieiras 'Gala' e 'Fuji', coletadas em diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013.

Regiões	Cu	Zn	Fe	Mn	B
	----- mg kg^{-1} -----				
'Gala'					
Vacaria	9,8 \pm 7,7 ^{ns}	37,1 \pm 8,7 C	123,1 \pm 46,2 ^{ns}	249,5 \pm 63,2 B	36,7 \pm 6,0 A
São Joaquim	6,0 \pm 0,89	50,1 \pm 35,4 BC	133,0 \pm 22,2	203,0 \pm 50,8 B	28,5 \pm 3,1 B
Fraiburgo	6,7 \pm 1,0	213,1 \pm 91,3 A	83,0 \pm 53,8	250,8 \pm 99,2 B	44,7 \pm 4,8 A
Caxias do Sul	6,3 \pm 1,1	143,3 \pm 10,0 AB	135,0 \pm 4,1	631,3 \pm 329,1A	41,0 \pm 6,1 AB
Bom Jesus	6,5 \pm 0,7	48,5 \pm 7,7 BC	63,3 \pm 109,6	274,5 \pm 38,9 B	30,5 \pm 6,4 B
CV (%)	67,9	53,4	39,1	38,6	14,16
'Fuji'					
Vacaria	11,6 \pm 14,1 ^{ns}	40,4 \pm 10,9 B	117,8 \pm 38,0 AB	270,9 \pm 61,5 B	35,8 \pm 4,2 B
São Joaquim	6,3 \pm 0,8	51,8 \pm 35,1 B	78 \pm 43,5 B	197,8 \pm 36,9 BC	29,6 \pm 4,0 C
Fraiburgo	8,2 \pm 0,4	92,4 \pm 94,9 AB	140,8 \pm 13,3 A	95,4 \pm 31,6 C	37,8 \pm 2,0 AB
Caxias do Sul	6,3 \pm 0,6	150,6 \pm 41,1 A	68,6 \pm 13,2 AB	601 \pm 211,3 A	44 \pm 4,6 A
Bom Jesus	8,5 \pm 2,1	60,5 \pm 2,1 AB	99,5 \pm 16,2 AB	342 \pm 32,5 B	30 \pm 5,6 BC
CV (%)	61,9	57,2	32,1	28,8	11,4

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns = não significativo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Os resultados obtidos para Mn no tecido foliar mostram que grande número de amostras apresentam valores excessivamente altos. Resultado semelhante foi observado por Nachtigall (2005). Em Caxias do Sul, analisando a cultivar Gala, observa-se valor bem superior às demais regiões, com concentração de Mn na folha de 631 mg kg^{-1} . Os resultados superiores para essa região também são evidentes em 'Fuji' (Tabela 2).

As concentrações de B encontrados no tecido foliar para ambas as cultivares foram de 30 a 50 mg kg^{-1} e São Joaquim,

apresentou 28,5 mg kg⁻¹ na ‘Gala’ e 29,6 mg kg⁻¹ na ‘Fuji’. Essa variação possivelmente pode ser atribuída ao número de aplicações foliares, com produtos a base de boro.

4.3 COMPOSIÇÃO MINERAL DOS FRUTOS

As concentrações de N ficaram abaixo de 500 mg kg⁻¹, independentemente da região e cultivar (Tabela 3). Esse valor é considerado adequado para a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs (DRIS et al., 1998; AMARANTE et al., 2010). Para Ernani (2003), ao contrário de outras espécies frutíferas, a macieira apresenta pouca exigência em N, e a concentração média no fruto varia de 300 a 500 mg kg⁻¹, representando 0,3 a 0,5 kg de N por tonelada de fruta colhida.

As concentrações de N apresentaram variação entre as regiões avaliadas, que, possivelmente, podem ser explicadas pelas diferenças climáticas entre os locais.

As diferentes concentrações de N nos frutos de macieiras podem estar relacionadas às variações climáticas, como a intensidade e distribuição das precipitações pluviométricas e a temperatura do solo. Esses fatores exercem grande influência sobre a velocidade da decomposição da matéria orgânica, a quantidade de N perdida por lixiviação e volatilização (ALEXANDER, 1977), e sobre o suprimento e absorção de N pelas plantas (HAVLIN et al., 2005).

As menor concentração de N, (193 mg kg⁻¹) na polpa dos frutos foram verificados em ‘Fuji’ na região de São Joaquim (Tabela 3).

Segundo Nava (2007), devido as menores temperaturas que ocorrem em São Joaquim, provavelmente a liberação de N via processo de mineralização é menor, além da menor taxa de absorção e do menor tempo que as raízes dispõem para absorver N. Na safra 2012-2013, conforme Figura 6, São Joaquim apresentou as menores temperaturas médias mensais,

que pode reduzir a taxa de mineralização e disponibilidade de N no solo.

Caxias do Sul foi a região que apresentou as maiores concentrações de P em ‘Gala’ e ‘Fuji’, com 93,4 e 97,7 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Em ‘Gala’, São Joaquim apresentou maiores concentrações de P do que as regiões de Fraiburgo e Vacaria, resultado semelhante ao observado por Amarante et al. (2012).

Tabela 3 - Média ± desvio-padrão das concentrações de macronutrientes (mg kg⁻¹) de amostras de frutos de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013.

Regiões	-----mg kg ⁻¹ -----				
	N	P	K	Ca	Mg
‘Gala’					
Vacaria	311,6±55,1 B	83,8±14,2 ^{ns}	1.383±190,2 ^{ns}	44,9±8,3 B	37,7±2,7 AB
São Joaquim	236,8±27,2 BC	90,6±14,4	1.410±130,6	55,3±7,4 A	36,0±1,7 AB
Fraiburgo	276,3±38,9 BC	73,95±10,2	1.377±159,7	48,3±5,9 AB	34,1±3,1 B
Caxias do Sul	435,3±71,4 A	93,4±9,1	1.493±136,3	46,4±1,7 AB	38,6±5,5 A
Bom Jesus	224,4±47,9 C	88,8±21,5	1.513±122,9	48,5±2,7 AB	36,6±5,2 AB
CV (%)	16,41	15,9	12,1	15,1	8,3
‘Fuji’					
Vacaria	282,7±41,7 A	67,5±16,4 B	1.341±248,1 ^{ns}	38,8±5,3 ^{ns}	29,7±2,9 AB
São Joaquim	193,0±19,7 B	85,1±15,8 AB	1.331±210,3	37,1±3,4	23,9±2,5 C
Fraiburgo	228,1±75,7 AB	61,9±8,5 B	1.261±233,3	39,5±4,8	28,1±6,2 AB
Caxias do Sul	323,7±69,4 A	97,7±12,0 A	1.192±72,9	49,5±19,7	35,9±0,7 A
Bom Jesus	269,6±27,5 AB	82,9±4,6 AB	1.643±294,5	36,9±1,7	27,6±0,1 BC
CV (%)	12,7	20	17,4	17,9	11,9

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ns = não significativo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Verificou-se que os teores médios de P nas diferentes regiões e cultivares tiveram valores inferiores a 100 mg kg⁻¹,

valor considerado mínimo crítico, abaixo do qual há risco de baixa preservação da qualidade pós-colheita (NEILSEN et al., 2008). Problemas de produção, distúrbios fisiológicos nas frutas, ou até mesmo alterações na textura das frutas estão propícias a ocorrer em condições de baixos teores de P na planta (NAVA et al., 2002). Nas avaliações do experimento não foi observado alterações na qualidade dos frutos, mesmo para as regiões com menores teores de P.

As concentrações de P nas folhas de macieira são consideradas adequadas, que segundo Nava et al. (2002), devem ser superiores a $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 1). Todavia, esse elemento não foi translocado suficientemente para os frutos, que apresentaram concentrações de P inferiores a 100 mg kg^{-1} .

Ambas as cultivares, independentemente da região de produção, apresentaram concentrações de K maiores que o recomendado por Terblanche (1981), que é $<950 \text{ mg kg}^{-1}$. O excesso de K no fruto, por interferir negativamente na absorção do Ca, e também pode reduzir a qualidade do fruto e seu período de armazenagem (IUCHI; NAVA; IUCHI, 2001).

Em 'Gala', as concentrações de K ficaram entre 1.377 mg kg^{-1} e 1.513 mg kg^{-1} . Já em 'Fuji' essa variação foi ainda maior, entre 1.192 e 1.643 mg kg^{-1} (Tabela 3). Bom Jesus foi a região que apresentou as maiores concentrações de K nas cultivares Gala e Fuji, e Fraiburgo apresentou os menores valores.

Os frutos representam um dreno para planta, e o K tem alta mobilidade no floema, sendo o nutriente mais exportado nas maçãs. Em plantas com grandes cargas de frutos, pode ocorrer alta remobilização do K das folhas para os frutos (NEILSEN; NEILSEN, 2003).

Desse modo, a variabilidade entre os teores de K possivelmente pode ter ocorrido em função da produção obtida em cada região, e ainda devido a adubação aplicada ao solo.

A disponibilidade de K às plantas em solos altamente intemperizados, com predomínio de cargas variáveis, depende

basicamente da concentração do nutriente no solo, do volume de solo ocupado pelas raízes e do teor de água volumétrica (ERNANI et al., 2002).

Maçãs 'Gala' apresentaram concentração de Ca acima de 40 mg kg^{-1} , independentemente da região avaliada (Tabela 3). Nesta cultivar, São Joaquim foi a região que apresentou a maior concentração de Ca, de $55,3 \text{ mg kg}^{-1}$, e Vacaria a menor concentração, $44,9 \text{ mg kg}^{-1}$. Este resultado demonstra uma diferença de 18,8 % nas concentrações de Ca entre as duas regiões. É importante ressaltar, que 'Gala' apresentou peso médio de frutos menor do que em 'Fuji' (Figura 9). Assim, pode ter ocorrido efeito de diluição da concentração de Ca na 'Fuji'.

Na cultivar Fuji, as concentrações de Ca ficaram abaixo do nível crítico de 40 mg kg^{-1} , com exceção de Caxias do Sul, que apresentou concentração de $49,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 3). Porém, não houve diferença significativa entre tratamentos.

O nível crítico refere-se a concentração de Ca na polpa de maçãs (40 mg kg^{-1}), abaixo do qual há maior risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos pós-colheita, tais como "bitter pit", depressão lenticelar e rachadura na casca (ARGENTA; SUZUKI, 1994; NEILSEN; NEILSEN, 2009).

Maçãs 'Gala' e 'Fuji' foram avaliadas quanto a ocorrência de "bitter pit". Porém, apesar da cultivar Fuji apresentar concentrações de Ca $<40 \text{ mg kg}^{-1}$, não houve ocorrência deste distúrbio fisiológico (dados não apresentados).

As concentrações de Ca nas folhas de 'Fuji' foram maiores que as concentrações verificadas em 'Gala', com exceção de Caxias do Sul (Tabela 1). Pomares que apresentaram maiores concentrações de Ca nas folhas apresentaram menores concentrações de Ca nos frutos. Segundo Chaves (2005), isto acontece porque as folhas possuem um fluxo transpiratório maior em dias de altas temperaturas, e, portanto, o Ca, que é transportado através desta rota, é mais direcionado as folhas do que aos frutos,

ocasionando redução deste elemento nos frutos e aumentando a suscetibilidade a distúrbios ocasionados por deficiência de Ca.

A não ocorrência de distúrbios fisiológicos na ‘Fuji’, mesmo com valores abaixo de 40 mg kg^{-1} , pode ser explicada. Estudos relatam que o importante, não é o nível total de Ca, mas onde ele está localizado no tecido. Evidencia-se a necessidade do Ca disponível no apoplasto e acessível à membrana plasmática, para a estabilização adequada da mesma (MANGANARIS et al., 2007). Segundo Freitas et al. (2010), o acúmulo de Ca^{2+} em organelas e a ligação de Ca^{2+} à parede celular, reduzem a quantidade de Ca solúvel no apoplasto, e aumentam o risco de ocorrência de “bitter pit” em maçãs.

É importante considerar que o aparecimento de “bitter pit”, não está relacionado apenas com a concentração total de Ca no fruto. O manejo nutricional adotado nas diferentes regiões, de maneira geral, afetou as concentrações dos nutrientes nas folhas e frutos de maçãs.

A região de São Joaquim apresentou os menores valores da relação N/Ca, em ambas as cultivares (Tabela 4). Em ‘Gala’ o maior valor da relação N/Ca foi observado em Caxias do Sul, com 9,4, e em ‘Fuji’ a região de Vacaria apresentou maior valor, com 7,4. Comparando as duas cultivares, os maiores valores da relação N/Ca foram obtidos em ‘Fuji’, com exceção de Caxias do Sul.

A relação N/Ca ficou abaixo do nível considerado crítico (<14) (AMARANTE et al., 2010), em todas as regiões, independentemente da cultivar (Tabela 4).

Em ‘Gala’, a relação $(\text{K}+\text{Mg})/\text{Ca}$ foi menor em São Joaquim e Fraiburgo, com 26,4 e 29,6 respectivamente (Tabela 4). Em ‘Fuji’, Caxias do Sul apresentou o menor valor, de 26,8. Observa-se grande número de amostras com valores da relação $(\text{K}+\text{Mg})/\text{Ca}$ acima do nível crítico máximo, que é 30, para a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs (ARGENTA; SUZUKI, 1994; NEILSEN; NEILSEN, 2009). As relações

(K+Mg)/Ca e N/Ca foram ligeiramente maiores em 'Fuji' do que em 'Gala', com exceção de Caxias do Sul (Tabela 4).

Tabela 4 - Média \pm desvio-padrão dos valores das relações N/Ca e (K+Mg)/Ca de amostras de frutos de maçãs 'Gala' e 'Fuji', provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013.

Regiões	N/Ca	(K+Mg)/Ca
'Gala'		
Vacaria	7,2 \pm 1,8	AB 32,9 \pm 8,3 ^{ns}
São Joaquim	4,3 \pm 0,8	C 26,4 \pm 3,4
Fraiburgo	5,8 \pm 1,1	BC 29,6 \pm 5,1
Caxias do Sul	9,4 \pm 1,6	A 33,1 \pm 3,9
Bom Jesus	4,6 \pm 1,2	BC 32,1 \pm 4,2
CV (%)	23,5	21,3
'Fuji'		
Vacaria	7,4 \pm 1,7	^{ns} 35,9 \pm 7,7 ^{ns}
São Joaquim	5,2 \pm 0,4	37,2 \pm 8,8
Fraiburgo	5,9 \pm 2,3	32,8 \pm 5,8
Caxias do Sul	7,3 \pm 3,4	26,8 \pm 7,8
Bom Jesus	7,3 \pm 1,1	45,5 \pm 10,1
CV (%)	27,3	22,1

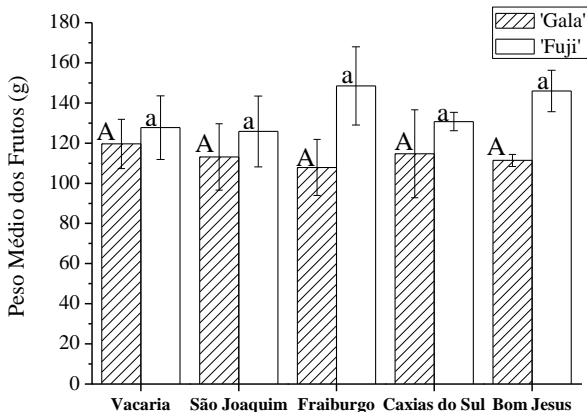
Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns = não significativo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Os resultados referentes ao peso médio de frutos são apresentados na Figura 9. Maçãs 'Fuji' apresentaram maior

peso médio de frutos do que 'Gala', independentemente da região de cultivo. Oliveira et al. (2011), avaliando diferentes cultivares e porta-enxertos em Vacaria-RS, Caçador-SC e São Joaquim-SC, na safra 2008/2009, observaram maior peso médio de frutos, em maçãs do grupo 'Fuji'.

Figura 9 - Média \pm desvio-padrão do peso médio dos frutos (em gramas) das cultivares Gala e Fuji, provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013. Médias seguidas pela mesma letra nas barras, comparam diferentes regiões para uma mesma cultivar, e não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Produção do próprio autor.

Na cultivar Gala, Fraiburgo apresentou o menor valor de peso médio dos frutos (107,9 g) e Vacaria apresentou o maior valor (119,6 g). Em 'Fuji', Fraiburgo apresentou peso

médio dos frutos superior as demais regiões (147,5 g), e São Joaquim o menor valor (126,0 g).

4.4 AVALIAÇÃO INICIAL NA COLHEITA

Observa-se grande variação no índice de iodo-amido, na cultivar ‘Gala’, dessa forma, pode-se inferir que o ponto de colheita determinado pelos produtores demonstrou heterogeneidade (Tabela 5).

Em Caxias do Sul, na cultivar Fuji, os frutos apresentaram o menor valor de índice de iodo-amido e o maior valor de firmeza de polpa (Tabela 5).

Para os valores de SS, AT e IF em ‘Fuji’, não houve diferença significativa entre regiões (Tabela 5).

Os valores de índice de iodo-amido para a cultivar Fuji não apresentaram grandes variações entre as regiões, com valores de 3,2 a 3,9 (Tabela 5).

Para cultivar Gala, Bom Jesus foi a região que apresentou menor valor de índice de iodo-amido (1,9), e portanto, as maçãs foram colhidas mais verdes. Já em Fraiburgo e São Joaquim, as frutas foram colhidas mais maduras (maiores valores de índice de iodo-amido) (Tabela 5). Na maioria das regiões, os valores obtidos de índice de iodo-amido não se enquadraram entre 2 a 3 para ‘Gala’, uma das variáveis utilizada como indicador de ponto de colheita.

Na cultivar Fuji, Caxias do Sul apresentou maior valor de firmeza (83,4 N), diferindo de Vacaria e Bom Jesus (69,1 N e 66,1 N, respectivamente), mas não diferindo das demais regiões (Tabela 5).

O índice de iodo-amido afetou as variáveis físico-químicas em ‘Gala’ mas não em ‘Fuji’ (Tabela 5). O fato do índice de iodo-amido ser determinado de forma simples e rápida, o torna um dos mais importantes indicadores do início da maturação e do ponto de colheita de maçãs em nível comercial (ARGENTA et al., 2010).

Tabela 5 - Avaliações na colheita de índice de iodo-amido (escala 1-5), firmeza de polpa (N), sólidos solúveis (SS; °Brix), acidez titulável (AT; % ácido málico) e índice de formato dos frutos (IF) de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013.

Regiões	Índice de iodo-amido	Firmeza (N)	SS (°Brix)	AT (%)	IF
'Gala'					
Vacaria	2,8±0,8	BC 64,0±10,0	^{ns} 11,9±1,2	BC 0,33±0,6	BC 0,94±0,07
São Joaquim	3,2±1,0	AB 70,0±3,2	12,8±0,9	AB 0,38±0,4	AB 0,92±0,07
Fraiburgo	3,7±0,7	A 60,6±7,3	13,0±1,1	A 0,30±0,6	C 0,93±0,07
Caxias do Sul	2,5±0,9	C 71,7±8,7	11,8±1,1	ABC 0,40±0,3	AB 0,93±0,05
Bom Jesus	1,9±0,6	D 74,9±14,6	10,9±1,7	C 0,42±0,8	A 0,96±0,06
CV (%)	28,1	14,03	9,6	11,7	7,9
'Fuji'					
Vacaria	3,4± 0,7	B 69,1± 8,1	B 13,1±1,4	^{ns} 0,32±0,6	^{ns} 0,81±0,07
São Joaquim	3,9± 0,4	A 81,5± 7,5	A 13,0± 1,1	0,31±0,7	0,84±0,06
Fraiburgo	3,6±0,7	AB 81,4± 9,0	A 13,3±1,7	0,28±1,0	0,87±0,28
Caxias do Sul	3,2± 0,9	B 83,4± 8,4	A 12,8±1,4	0,37±0,5	0,81±0,05
Bom Jesus	3,6±0,6	AB 66,1±7,6	B 13,3± 1,3	0,29±1,2	0,83±0,09
CV (%)	19,6	10,9	10,7	16,2	17,1

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns = não significativo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Considerando a firmeza de polpa (N) na cultivar Gala, nas diferentes regiões, observou-se que a medida que aumentou os índices de iodo-amido, decresceu os valores de firmeza de polpa, com exceção em São Joaquim, que mesmo com índice de iodo-amido superior a Vacaria, não demonstrou menores valores de firmeza de polpa (Tabela 5). É importante destacar que São Joaquim apresentou as maiores concentrações de Ca nos frutos, e este elemento tem função na manutenção estrutural da parede celular, o que possivelmente pode garantir maior firmeza de polpa aos frutos.

Na cultivar Gala, os maiores valores de firmeza de polpa e AT foram obtidos nas regiões de Bom Jesus e Caxias do Sul (Tabela 5).

A ‘Fuji’ apresentou menores valores de IF, assim, produziu frutos de formato mais achatados que a ‘Gala’. Este fato deve-se principalmente às características genéticas de cada espécie.

Segundo Hoffmann e Nachtigall (2004) para uma mesma cultivar, quanto maior a altitude, mais alongados (cônicos) serão os frutos, enquanto, em regiões de menor altitude, os frutos serão mais achatados e arredondados. Os resultados obtidos para índice de formato dos frutos (Tabela 5) não demonstraram frutos mais alongados nas regiões de maiores altitudes. Bom Jesus, apresentou frutos mais alongados, com IF de 0,96, diferindo das demais regiões, com exceção de Vacaria, que apresentou IF de 0,94).

4.5 ATRIBUTOS PÓS-COLHEITA

Houve redução na firmeza de polpa e na AT ao longo do período de armazenagem, em ambas as cultivares e nas diferentes regiões (Tabela 6). Já o teor de SS não apresentou essa mesma tendência.

Independentemente da cultivar, verifica-se que os maiores valores de firmeza de polpa, após armazenagem de 120 dias em AA, seguido de sete dias de vida de prateleira, foram observados nos frutos colhidos em Caxias do Sul (Tabela 6).

A região de Bom Jesus, apresentou a maior perda de firmeza na cultivar ‘Gala’, considerando a diferença entre os valores de firmeza de polpa observados na análise inicial e os valores obtidos na análise após o período de armazenagem, diferença esta de 19,6 N. Na ‘Fuji’, a maior perda de firmeza de polpa durante a armazenagem foi na região de Fraiburgo, sendo de 23,4 N (Tabela 6).

Tabela 6 - Avaliações pós-colheita de firmeza de polpa (N), sólidos solúveis (SS; °Brix) e acidez titulável (AT; % ácido málico) de maçãs 'Gala' e 'Fuji', armazenadas em atmosfera do ar (1 °C e UR 90-95%) por 120 dias, seguido de sete dias de vida de prateleira (20 °C). As frutas são provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013.

Regiões	Firmeza (N)	SS (°Brix)	AT (%)
'Gala'			
Vacaria	51,3± 8,0 B	12,0±1,0 B	0,27±0,3 AB
São Joaquim	50,5±7,9 B	12,6±1,3 A	0,31±0,5 A
Fraiburgo	47,3± 7,7 C	11,7±1,0 C	0,22±0,9 B
Caxias do Sul	56,7± 10,4 A	12,7±1,1 A	0,30±0,5 AB
Bom Jesus	55,3± 12,8 A	12,5± 1,1 A	0,34±0,2 A
CV (%)	16,5	9,36	16,1
'Fuji'			
Vacaria	58,0±6,6 BC	13,3±1,6 B	0,28±0,5 ^{ns}
São Joaquim	59,7±6,3 B	13,0±1,0 B	0,27±0,7
Fraiburgo	58,0±6,4 BC	13,2±1,5 B	0,26±1,0
Caxias do Sul	65,1±8,0 A	14,5±1,3 A	0,29±1,1
Bom Jesus	56,0±9,2 C	13,4±1,4 B	0,27±1,4
CV (%)	11,8	11,1	18,59

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns = não significativo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Maçãs 'Gala' colhidas em Vacaria, São Joaquim e Fraiburgo, apresentaram valores da firmeza de polpa inferior a 53 N, após o armazenamento refrigerado, seguido de vida de prateleira (Tabela 6), o que pode comprometer a aceitação dessas frutas para o consumo. Segundo Harker et al. (2002), pesquisas indicam que maçãs com firmeza da polpa inferior a 53 N são consideradas farináceas, com suculência e crocância muito baixas, e normalmente rejeitadas pelos consumidores

A AT nas cultivares Gala e Fuji diminuiu durante o período de armazenagem (Tabela 6). Em ‘Gala’, Bom Jesus foi a região com maior valor de AT, após o período de armazenagem. Entretanto, em ‘Fuji’, não foi observada diferença entre regiões.

4.6 CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS

No que diz respeito Distribuição de frequência (%) da classificação de frutos nas categorias extra (acima de 70 mm), especial (de 65 a 70 mm), comercial (de 55 a 65 mm) e refugo (até 55 mm), não houve efeito significativo entre tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 - Distribuição de frequência (%) da classificação de frutos nas categorias extra (acima de 70 mm), especial (de 65 a 70 mm), comercial (de 55 a 65 mm) e refugo (até 55 mm). As frutas são provenientes de diferentes áreas de produção, localizadas nas regiões de Vacaria/RS, São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Caxias do Sul/RS e Bom Jesus/RS, na safra 2012/2013.

Regiões	Extra	Especial	Comercial	Refugo
'Gala'				
Vacaria	10,09 ^{ns}	37,31 ^{ns}	49,77 ^{ns}	2,83 ^{ns}
São Joaquim	6,90	34,32	55,77	3,01
Fraiburgo	6,62	28,46	56,64	8,28
Caxias do Sul	16,88	30,99	49,13	3,00
Bom Jesus	5,74	18,52	65,81	9,93
CV (%)	70,30	40,40	32,98	60,10
'Fuji'				
Vacaria	34,11 ^{ns}	35,83 ^{ns}	28,19 ^{ns}	1,87 ^{ns}
São Joaquim	41,83	35,97	21,09	1,11
Fraiburgo	40,40	30,22	27,69	1,69
Caxias do Sul	31,16	41,55	26,95	0,34
Bom Jesus	49,16	35,52	14,75	0,57
CV (%)	44,10	16,40	53,70	60,50

ns = não significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

5 CONCLUSÕES

Os nutrientes Fe, Mn e Zn apresentaram alta variação nas diferentes regiões avaliadas.

As concentrações de elementos minerais observadas nas folhas, não foram limitantes para a produção de maçãs. Em nenhuma região, os elementos minerais N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e B encontraram-se na faixa considerada como insuficiente para a cultura da macieira.

São Joaquim, apresentou as maiores concentrações de Ca em folhas de macieiras das cultivares Gala e Fuji, e as menores relações N/Ca nos frutos da cultivar Gala.

Não houve diferença significativa nas concentrações foliares de N, entre regiões, porém nos frutos essa diferença foi observada. Caxias do Sul apresentou as maiores concentrações de N, nas cultivares Fuji e Gala.

Nas diferentes regiões e cultivares, as concentrações de P na polpa dos frutos, foram baixas, inferiores a 100 mg kg^{-1} e as concentrações de K foram altas, superiores a 950 mg kg^{-1} .

As concentrações de Ca na polpa dos frutos foram inferiores a 40 mg kg^{-1} na cultivar Fuji, em Vacaria, São Joaquim, Fraiburgo e Bom Jesus.

A relação N/Ca ficou abaixo do nível crítico (<14), em todas as regiões, independentemente da cultivar.

Após a armazenagem refrigerada, durante 120 dias, frutos da cultivar Gala de Vacaria, São Joaquim e Fraiburgo apresentaram valores da firmeza de polpa inferior a 53 N, sendo assim de qualidade inferior para consumo.

Frutos com menor índice de iodo-amido na colheita apresentaram maior firmeza de polpa, menor índice de SS e menor AT após o armazenamento refrigerado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo nutricional utilizado pelos produtores pode ser um dos fatores que afetam a composição mineral de folhas e frutos de macieira. As diferenças nas concentrações minerais, observadas nos diferentes pomares possivelmente podem estar relacionadas com o manejo de adubação utilizado.

Deve-se considerar que, esses resultados são referentes a safra 2012-2013, em que as condições climáticas não foram limitantes para a produção e qualidade dos frutos de maçãs. Todavia, faz-se necessário avaliar por um período maior, para comprovar os resultados obtidos.

Em trabalhos futuros, é importante realizar avaliações fenológicas de macieiras, nas diferentes regiões estudadas, pois as condições climáticas de cada ano podem afetar a fenologia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York: John Wiley, 1977, 467 p.

ALLAN, P; BURNETT, M. J. Peach production in an area with low winter chilling. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 5, n. 1, p. 15-18, 1995.

AMARANTE, C. V. T. do; ERNANI, P. R.; CHAVES, D. V. Fruit infiltration with magnesium is a feasible way to predict bitter pit susceptibility in ‘Gala’ apples grown in Southern Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 682, p. 1271-1274, 2005.

AMARANTE, C. V. T. do; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Composição mineral e severidade de “bitter pit” em maçãs ‘Catarina’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 51-54, 2006a.

AMARANTE, C. V. T. do; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Análise multivariada de atributos nutricionais associados ao “bitter pit” em maçãs ‘Gala’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 841-846, 2006b.

AMARANTE, C. V. T. do; ERNANI, P. R.; STEFFENS, C. A. Predição de “bitter pit” em maçãs ‘Gala’ por meio da infiltração dos frutos com magnésio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 962-968, 2009.

AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C.A.; ERNANI, P.R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de “bitter pit” em maçãs ‘Gala’ por meio de infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 27-34, 2010.

AMARANTE, C. V. T. do; ARGENTA, L. C.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Composição mineral de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 550-560, 2012.

ANDZIAK, J.; TOMALA, K. Influence of rootstocks on mineral nutrition, fruit maturity and quality of ‘Jonagold’ apples. **Sodininkyste ir Darzininkyste**, v. 23, n. 1, p. 20-32, 2004.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2014.
Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2014. 136 p.

ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 16, n. 1, p. 267-277, 1994.

ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M.J.; SCOLARO, A.M. Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 23, n. 3, p.71-77, 2010.

BARRADAS, C. I.N.; KOLLER, O.C. **Cultura da macieira e pereira.** Porto Alegre, Diretório Acadêmico Leopoldo Cortez. 1976, p. 5-76.

BASSO, C. Distúrbios fisiológicos. In: BASSO, C. **A cultura da macieira.** Florianópolis: Epagri, 2002. p. 609-636.

BERNARDI J.; DENARDI, F.;HOFFMANN, A. Cultivares e Porta-enxertos. In: NACHTIGALL, G. R. (editor técnico). **Maçã: Produção.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 32-46. (Série Frutas do Brasil, 37).

BEUKES, D. J.; WEBER, H. W. The effects of irrigation at different soil water levels on the water use characteristics of apple trees. **Journal of Horticultural Science**, v. 57, p. 383-391, 1982.

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

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

BOSCO, L. C. **Alterações microclimáticas causadas por cobertura antigranizo e efeitos sobre o desenvolvimento e produção de macieiras**. 2011. 203 f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BRACKMANN, A.; BENEDETTI, M.; STEFFENS, C. A.; MELLO, A. M. de. Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada na armazenagem de macas ‘Fuji’ com incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 1, p. 37-45, 2002.

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**, v. 4, n. 3, p. 271-294, 1974.

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

CANTILLANO, F. F.; GIRARDI, C. L. Distúrbios fisiológicos. In: GIRARDI, C. L. (editor técnico). **Maçã: pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 45-53. (Série Frutas do Brasil, 39).

CHAVES, D. V. **Teores nutricionais e ocorrência de “bitter pit” em maçãs cultivares Gala e Catarina**. 2005. 44 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2005.

CARDOSO, L. S. **Modelagem aplicada à fenologia de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ no Sul do Brasil**. 2011. 166 f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; CARGNINO, C.; NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C. Consumo de água e coeficiente de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria - RS. **Comunicado Técnico 103**. Bento Gonçalves, 4 p. Setembro, 2010.

DRIS, R.; NISKANEN, R.; FALLAHI, E. Nitrogen and calcium nutrition and fruit quality of commercial apple cultivars grown in Finland. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.21, p.2389-2402, 1998.

ERNANI, P. R.; DIAS, J. FLORE, J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, p. 1291-1304, 2002.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages: Graphel, 2003. 76 p. Disponível em:

<<http://paginas.cav.udesc.br/pauloernani/livros/adubacao%20nitrogenerada.pdf>>. Acesso em: 15 junho 2014.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.
Fruticultura: fundamentos e práticas. Pelotas: UFPEL, 1996.
311 p.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas.**
2002. 77 f. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu”
(Especialização) a Distância: Fertilidade do Solo e Nutrição de
Plantas no Agronegócio. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

FERGUSON, I. B.; WATKINS, C.B. Bitter pit in apple fruit.
Horticulturae Reviews, v. 11, p. 289-355, 1989.

FERGUSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors
affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology
and Technology**, v. 15, p. 255-262, 1999.

FIORAVANÇO, J. C.; GIRARDI, C. L.; CZERMAINSKI, A.
B. C.; SILVA, G. A. da; NACHTIGALL, G. R.; OLIVEIRA,
P. R. D. de. **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul:**
análise situacional e descrição varietal. Bento Gonçalves:
Embrapa Uva e Vinho, 2010a. 60 p. (Documentos. Embrapa
Uva e Vinho, 71)

FIORANVAÇO, J. C.; CZERMAINSKI, A. B. C.; ALVES, S.
A. M.; NACHTIGALL, G. R. **Condições meteorológicas e
sua influência na safra de maçã 2009/10 na região de
Vacaria, RS.** Comunicado Técnico 100. Bento Gonçalves. 8 p.
Julho, 2010b.

FIORAVANÇO, J. C.; CZERMAINSKI, A. B. C.; ALVES, S.
A. M. **Condições meteorológicas e sua influência na safra de**

maçã de 2011/12 em Vacaria, RS. Comunicado técnico 123. Bento Gonçalves. 8 p. Outubro, 2012.

FREIRE, C. J. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário.** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 208p.

FREITAS, S. T. de; AMARANTE, C. V. T. do; LABAVITCH, J. M.; MITCHAM, E. J. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, n. 1, p. 6-13, 2010.

GIRARDI, C. L.; NACHTIGALL, G. R.; PARUSSOLO, A. Fatores pré-colheita que interferem na qualidade da fruta. In: GIRARDI, C. L. (editor técnico). **Maçã: pós-colheita.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 24-34 . (Série Frutas do Brasil, 39).

HARKER, F. R.; WATKINS, C. B.; BROOKFIELD, P. L.; MILLER, M. J.; REID, S.; JACKSON, P. J.; BIELESKI, R. L.; BARTLEY, T. Maturity and regional influences on watercore development and its postharvest disappearance in 'Fuji' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, n. 2, p. 166-172, 1999.

HARKER, F.R; MAINDONALD, J.; MURRAY, S.H.; GUNSON, F.A.; HALLETT, I.C.; WALKER, S.B. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, n. 1, p. 225-239, 2002.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; BEATON, J. D.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers:** An introduction to nutrient management, 2005. 515 p.

HOFFMANN, A.; NACHTIGALL, G. R. Fatores edafoclimáticos. In: NACHTIGALL, G. R. (editor técnico). **Maçã: Produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 25-31. (Série Frutas do Brasil, 37).

HUNSCHE, M. **Efeito da adubação potássica sobre a composição mineral e qualidade pós-colheita de maçãs (*Malus domestica* Borkh.), cv. Fuji**. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
Indicadores IBGE Estatística da Produção Agrícola.

Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: abril 2014.

IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. **Estrutura da produção brasileira**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 27 nov. 2010.

IGLESIAS, I.; ECHEVERRÍA, G.; LOPEZ, M. L. Fruit color development, anthocyanin content, standard quality, volatile compound emissions and consumer acceptability of several ‘Fuji’ apple strains. **Scientia Horticulturae**, v. 137, p. 138-147, 2012.

IUCHI, V. L.; NAVA, G.; IUCHI, T. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira**. Florianópolis: Epagri/Jica. 2001, 74p.

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

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

JAMES, H.J.; JOBLING, J.J. Contrasting the structure and morphology of the radial and diffuse flesh browning disorders and CO₂ injury of ‘Cripps Pink’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, n. 1/2, p. 36-42, 2009.

LEITE, G. B.; PETRI, J. L.; MONDARDO, M. Efeito da tela antigranizo em algumas características dos frutos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, 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**, v. 32, n. 1, p. 49-63, 2010.

MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STEINMETZ, S.; MALUF, D. E. **Zoneamento agroclimático da macieira no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. BOLETIM FEPAGRO, n. 19, 75 p.

MANGANARIS, G.A.; VASILAKAKIS, M.; DIAMANTIDIS, G.; MIGNANI, I. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. **Food Chemistry**, v.100, n.4, p.1385-1392, 2007.

MARCELINO, I. P. V. de O.; MENDONÇA, M.; RUDORFF, F. de M. Ocorrências de granizo no Estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC,

2004. p. 795-805. (CD-ROM). Disponível em:
<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/conteudo/artigos/Marceli-no-et-al_2004_Granizo_no_Estado_de_Santa_Catarina.pdf>.
Acesso em: 20 de junho de 2014.

NACHTIGALL, G. R.; FREIRE, C. J. S. Previsão da incidência de “bitter pit” em maçãs através dos teores de cálcio em folhas e frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 20, n. 2, p. 158-166, 1998.

NACHTIGALL, G. R.; BASSO, C.; FREIRE, C. J da S. Nutrição e adubação de pomares. In: NACHTIGALL, G. R. (editor técnico). **Maçã: Produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 63-77. (Série Frutas do Brasil, 37).

NACHTIGALL, G. R. **Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para avaliação do estado nutricional da macieira no Sul do Brasil**. 2004. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.

NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C.; HOFFMANN, A. Macieira. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p.451-464.

NAVA, G.; BASSO, C.; NUENBERG, N.; MELO, G. W.; NACHTIGALL, G. R.; SUZUKI, A. **Fertilidade do solo e nutrição na produção integrada de maçã**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2002. 15 p. Circular técnica, 33.

NAVA, G. **Nutrição e rendimento da macieira em resposta às adubações nitrogenadas e potássicas e ao déficit hídrico Brasil**. 2007. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. Nutritional requirements of apple, p. 267–302. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I. J. (eds.). **Apples, botany, production and uses**. CABI Publishing, Oxon, UK, 2003.

NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D.; TOIVONEN, P.; HERBERT, L. Annual bloom-time phosphorus fertigation affects soil phosphorus, apple tree phosphorus nutrition, yield, and fruit quality. **HortScience**, v.43, p.885-890, 2008.

NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. **New York Fruit Quarterly**, New York, v. 17, n. 3, p. 21-24, 2009.

OLIVEIRA, P. R. D. de.; LEITE, G. B.; NUNES, E. da C.; FIORAVANÇO, J. C.; CZERMAINSKI, A. B. C.; GIRARDI, C. L.; NACHTIGALL, G. R.; BERNARDI, J.; SANTOS, R. S. S. dos.; ALVES, S. A. M.; ARGENTA, L. C.; BASSO, C.; DENARDI, F.; PETRI, J. L.; COUTO, M.; BECKER, W. F.; PEREIRA, A. J.; NAVA, G.; BONETI, J. I. da S.; KATSURAYAMA, J. M. Competição entre clones comerciais das cultivares de macieira Gala e Fuji. In: NACHTIGALL, G. R. (Editor). **Inovações tecnológicas para o setor da maçã – INOVAMAÇÃ**: relatório técnico. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. p. 219-236.

OTTO, R. F.; OHSE, S.; CORSO, F. Estimativa de danos de granizo no limbo foliar do morangueiro sob proteção do agrotêxtil. **IDESIA**, v. 30, n. 2, p. 39-43, 2012.

PALMER, J. W.; PRIVÉ, J. P.; TUSTIN, S. Temperature. In: FERREE, D. C.; WARRINGTON, I. J. **Apples: botany**,

production and uses. Wallingford: CABI, 2003. Cap. 10, p. 217-236.

PENROSE, L. J.; NICOL, H. J. Aspects of microclimate variation within apple tree canopies and between sites in relation to potential *Venturia inaequalis* infection. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 24, n. 6, p. 259-266, 1996.

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**, v. 15, n. 2, p. 145-157, 2009.

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).

PETRI, J. L. Fatores edafoclimáticos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. p. 105-112.

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

POOVAIAH, B.W.; GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. **Horticultural Reviews**, v.10, p.107-152, 1988.

ROBERTO, S. R.; KAGUEYAMA, M. H.; SANTOS, C. E. dos. Indução da brotação da macieira 'Eva' em região de baixa incidência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 128-130, abril, 2006.

SANSAVINI, S.; GRAPPADELLI, L. C. Canopy efficiency of apple as affected by microclimatic factors and tree structure. **Acta Horticulturae**, n. 322, p. 69-78, 1992.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.

SAURE, M. C. Calcium traslocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, v.105, n.1, p.65-89, 2005.

SILVA, J. C. da; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.67-72, 2007.

SUZUKI, A.; BASSO, C. Solos e nutrição da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. p. 341-381.

SZUCS, E.; KALLAY, T. Data for physiological interpretation of fruit load on storage quality of 'Jonathan' apples. **Acta Horticultura**, n.485, p. 357-362, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TERBLANCHE, J.H. An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control. **The Deciduous Fruit Grower**, Wageningen, v.31, n.12, p.501-513, 1981.

USHIROZAWA, K. **A cultura da maçã**. Florianópolis: EMPASC, 1978. 295 p.

VASQUES, A. R.; BERTOLI, S. L.; VALLE, R. de C. S. C.; VALLE, J. A. B. Avaliação sensorial e determinação de vida-de-prateleira de maçãs desidratadas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 759-765, 2006.

WILLS, R. B. H.; SCOTT, K. J. Studies on the relationship between minerals and the development of storage breakdown in apples. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 32, n. 2, p. 331-338, 1981.

WILSIE, C. Cultivos de los Climas Intermedios: Manzano. In: **Adaptacion y distribución de los cultivos**. Zaragoza: Acribia, 1966. p.427-440.

WUNSCH, J. N.; LAKSO, A. N.; ROBINSON, T. L.; LENZ, F.; DENNING, S. S. The bases of productivity in apple production systems: the role of light interception by different shoot types. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.121, n.5, p.886-893, 1996.

ZHU, L. H.; BORSBOOM, O.; TROMP, J. The effect of temperature on flower-bud formation in apple including some morphological aspects. **Scientia Horticulturae**, v.70, n.1, p.1-8, 1997.

ANEXOS

Anexo A - Descrição dos locais, das cultivares e portaenxertos das amostras dos 76 pomares de macieira, dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Amostra	Local	Cultivar	Portaenxerto
1	Vacaria	Fuji Suprema	Marubakaido/EM-9
2	Vacaria	Maxi Gala	Marubakaido/EM-9
3	vacaria	Fuji Suprema	Marubakaido/EM-9
4	Vacaria	Maxi Gala	Marubakaido/EM-9
5	Vacaria	Maxi Gala	Marubakaido/EM-9
6	Vacaria	Fuji	Marubakaido/EM-9
7	Vacaria	Galaxy	EM-9
8	Vacaria	Galaxy	EM-7
9	Vacaria	Fuji	Marubakaido/EM-9
10	Vacaria	Galaxy	Marubakaido/EM-9
11	Vacaria	Gala	EM-9
12	Vacaria	Fuji	EM-9
13	Vacaria	Royal Gala	EM-9
14	Vacaria	Fuji	EM-9
15	Vacaria	Fuji Suprema	EM-9
16	Vacaria	Fuji Suprema	EM-9
17	Vacaria	Gala	EM-9
18	Vacaria	Fuji Select	EM-9
19	Vacaria	Gala	EM-9
20	Vacaria	Fuji Select	EM-9
21	Vacaria	Fuji Select	EM-9
22	Vacaria	Gala	EM-9
23	Vacaria	Royal Gala	EM-7
24	Vacaria	Gala	Marubakaido/EM-9
25	Vacaria	Gala	Marubakaido/EM-9
26	Vacaria	Gala	EM-9
27	Vacaria	Fuji Select	EM-9
28	Vacaria	Royal Gala	EM-7
29	Vacaria	Fuji Select	EM-9
30	Vacaria	Gala	EM-9
31	Vacaria	Fuji Select	EM-9
32	Vacaria	Gala	EM-9
33	Vacaria	Gala	EM-9
34	Vacaria	Fuji Select	EM-9
35	Vacaria	Royal Gala	EM-9
36	Vacaria	Fuji Suprema	EM-9
37	São Joaquim	Gala	Marubakaido

Fonte: Produção do próprio autor.

ANEXO A – (Continua)- Descrição dos locais, das cultivares e portaenxertos das amostras dos 76 pomares de macieira, dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Amostra	Local	Cultivar	Portaenxerto
38	São Joaquim	Fuji	Marubakaido
39	São Joaquim	Fuji	Marubakaido/EM-9
40	São Joaquim	Gala	Marubakaido/EM-9
41	São Joaquim	Gala	Marubakaido
42	São Joaquim	Fuji	Marubakaido
43	São Joaquim	Fuji	Marubakaido
44	São Joaquim	Gala	Marubakaido
45	São Joaquim	Fuji	Marubakaido
46	São Joaquim	Gala	Marubakaido
47	São Joaquim	Gala	Marubakaido
48	São Joaquim	Fuji	Marubakaido
49	Fraiburgo	Fuji Suprema	Marubakaido/EM-9
50	Fraiburgo	Fuji Suprema	Marubakaido/EM-9
51	Fraiburgo	Fuji Suprema	Marubakaido/EM-9
52	Fraiburgo	Imperial Gala	EM-9
53	Fraiburgo	Fuji Suprema	Maruba/Filtro
54	Fraiburgo	Royal Gala	Maruba/Filtro
55	Fraiburgo	Royal Gala	Maruba/Filtro
56	Fraiburgo	Fuji Suprema	Maruba/Filtro
57	Fraiburgo	Imperial Gala	EM-9
58	Fraiburgo	Imperial Gala	EM-9
59	Fraiburgo	Royal Gala	EM-9
60	Fraiburgo	Royal Gala	EM-9
61	Fraiburgo	Royal Gala	Marubakaido/EM-9
62	Fraiburgo	Royal Gala	Marubakaido/EM-9
63	Fraiburgo	Royal Gala	Marubakaido/EM-9
64	Fraiburgo	Royal Gala	Marubakaido/EM-9
65	Fraiburgo	Royal Gala	Marubakaido/EM-9
66	Fraiburgo	Imperial Gala	Marubakaido/EM-9
67	Caxias do Sul	Fuji Suprema	EM-9
68	Caxias do Sul	Galaxy	EM-9
69	Caxias do Sul	Gala	EM-9
70	Caxias do Sul	Fuji Suprema	EM-9
71	Caxias do Sul	Fuji Suprema	Marubakaido/EM-9
72	Caxias do Sul	Galaxy	Marubakaido/EM-9
73	Bom Jesus	Galaxy	EM-9
74	Bom Jesus	Galaxy	EM-9
75	Bom Jesus	Fuji	EM-7
76	Bom Jesus	Galaxy	Marubakaido/EM-9

Fonte: Produção do próprio autor.

ANEXO B - Faixas de concentração de nutrientes nas folhas para a cultura da macieira, nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Nutriente	Insuficiente	Abaixo do normal	Normal	Acima do normal	Excesso
N (g kg ⁻¹)	< 17,0	17,0 a 19,9	20,0 a 25,0	25,1 a 30,0	> 30,0
P (g kg ⁻¹)	< 1,0	1,0 a 1,4	1,5 a 3,0	> 3,0	-
K (g kg ⁻¹)	< 8,0	8,0 a 11,9	12,0 a 15,0	15,1 a 20,0	> 20,0
Ca (g kg ⁻¹)	< 8,0	8,0 a 10,9	11,0 a 17,0	> 17,0	-
Mg (g kg ⁻¹)	< 2,0	2,0 a 2,4	2,5 a 4,5	> 4,5	-
Fe (mg kg ⁻¹)	-	< 50	50 a 250	> 250	-
Mn (mg kg ⁻¹)	< 20	20 a 29	30 a 130	131 a 200	> 200
Zn (mg kg ⁻¹)	< 15	15 a 19	20 a 100	> 100	-
Cu (mg kg ⁻¹)	< 3	3 a 4	5 a 30	31 a 50	> 50
B (mg kg ⁻¹)	< 20	20 a 29	30 a 50	51 a 140	> 140

Fonte: Basso et al., 1986.