

Composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji' produzidas no Sul do Brasil

Cassandro Vidal Talamini do Amarante⁽¹⁾, Luiz Carlos Argenta⁽²⁾, Clori Basso⁽²⁾ e Atsuo Suzuki⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Avenida Luiz de Camões, nº 2.090, CEP 88520-000 Lages, SC. E-mail: amarante@cav.udesc.br ⁽²⁾Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Caçador, Caixa Postal 591, CEP 89500-000 Caçador, SC. E-mail: argenta@epagri.sc.gov.br, clori@brturbo.com.br, suzuki@epagri.sc.gov.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji', em pomares de diferentes regiões do Sul do Brasil. Foram avaliados pomares em vários municípios de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, agrupados em macrorregiões denominadas de Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, durante o período de 1991 a 2007. Os teores médios (em matéria fresca) de Ca, K, Mg, N e P nos frutos foram, respectivamente, 47, 1.027, 52, 419 e 116 mg kg⁻¹, para 'Gala', e de 41, 1.043, 46, 373 e 116 mg kg⁻¹, para 'Fuji'. Os valores médios das relações (K+Mg)/Ca e N/Ca foram respectivamente de 24 e 9,6, para 'Gala', e de 28 e 9,7, para 'Fuji'. Maçãs 'Gala' e 'Fuji' apresentaram teores médios de Ca e P acima dos níveis críticos mínimos (40 e 100 mg kg⁻¹, respectivamente), e relações médias de (K+Mg)/Ca e N/Ca acima dos níveis críticos máximos (30 e 14), considerados adequados para maior conservação da qualidade pós-colheita (QPC). Maçãs de pomares de São Joaquim apresentaram maiores teores de Ca e P, menores teores de N e menores relações (K+Mg)/Ca e N/Ca, independentemente da cultivar. O percentual de amostras, com alto risco de perdas em QPC, foi maior para 'Fuji' do que para 'Gala', quanto aos teores de Ca e P e às relações (K+Mg)/Ca e N/Ca.

Termos para indexação: *Malus domestica*, clima, distúrbio fisiológico, nutrição mineral, pós-colheita, qualidade de fruto.

Mineral composition of 'Gala' and 'Fuji' apples produced in Southern Brazil

Abstract – The objective of this work was to evaluate fruit mineral composition of 'Gala' and 'Fuji' apples from orchards of different growing regions of Southern Brazil. Orchards were evaluated during the period 1991–2007 in various municipalities of the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul, Brazil, grouped into macroregions called Fraiburgo, Vacaria, and São Joaquim. Fruit average contents (in fresh matter) of Ca, K, Mg, N, and P were respectively 47, 1,027, 52, 419, and 116 mg kg⁻¹ for 'Gala', and 41, 1,043, 46, 373, and 116 mg kg⁻¹, for 'Fuji'. The means of the (K+Mg)/Ca and N/Ca ratios were respectively 24 and 9.6 for 'Gala', and 28 and 9.7 for 'Fuji'. 'Gala' and 'Fuji' apples had mean contents of Ca and P above the minimum critical levels (40 and 100 mg kg⁻¹, respectively), while the means of the (K+Mg)/Ca and N/Ca ratios were above the maximum critical levels (30 and 14), which are considered adequate for a better postharvest quality conservation (PQC). Apples from São Joaquim orchards had the highest Ca and P, and the lowest N contents and (K+Mg)/Ca and N/Ca ratios, regardless of cultivar. The percentage of samples with fruit at high risk of poor PQC was higher for 'Fuji' than for 'Gala', regarding to Ca and P contents, and to (K+Mg)/Ca and N/Ca ratios.

Index terms: *Malus domestica*, climate, physiological disorder, mineral nutrition, postharvest, fruit quality.

Introdução

O baixo conteúdo de Ca nos frutos é o principal fator nutricional associado ao amadurecimento, perda de qualidade e aumento no risco de ocorrência de doenças e distúrbios fisiológicos durante o armazenamento refrigerado em maçãs (Saure, 2005). Além da deficiência de Ca, esses fenômenos estão relacionados a elevados conteúdos de outros nutrientes nos frutos, principalmente Mg, K e N (Argenta & Suzuki, 1994;

Nachtigall & Freire, 1998; Amarante et al., 2006a, 2006b, 2010). Em contraposição, o incremento nos teores de P em maçãs está associado à preservação da qualidade pós-colheita (Johnson, 1980; Neilsen et al., 2008).

Desequilíbrios minerais nos frutos podem ocorrer mesmo quando há manejo adequado das plantas e da fertilidade do solo. O Ca apresenta baixa mobilidade nas plantas e seu aporte para os frutos fica restrito ao xilema, ao contrário dos elementos K, Mg e N,

que apresentam elevada mobilidade por poderem ser transportados para os frutos via xilema e floema (Saure, 2005). Assim, o transporte de Ca é restringido pelo eventual colapso dos vasos do xilema, que ocorre nas fases avançadas do desenvolvimento de maçãs (Dražeta et al., 2004), enquanto o aporte de K, Mg e N aos frutos é contínuo, o que resulta no aumento nas relações K/Ca, Mg/Ca e N/Ca, e em frutos com maior suscetibilidade a distúrbios fisiológicos, como "bitter pit" (Vang-Petersen, 1980; Ferguson & Watkins, 1989; Argenta & Suzuki, 1994; Nachtigall & Freire, 1998; Amarante et al., 2006a, 2006b), depressão lenticelar ou lenticelose (Perring et al., 1984; Curry, 2003), escaldadura superficial (Ingle & D'Souza, 1989), pingo-de-mel (Perring et al., 1984), degenerescência de polpa (Vang-Petersen, 1980; Perring et al., 1985), rachadura na casca (Perring, 1984), injúria por CO₂ em atmosfera controlada (Castro et al., 2007), entre outros. Porém, Volz et al. (2006) relatam que há grande diferença na suscetibilidade de cultivares de maçãs a esses distúrbios.

A análise foliar, normalmente utilizada para avaliar o estado nutricional do pomar, não apresenta boa capacidade de predição do potencial de conservação da qualidade pós-colheita em maçãs (Vang-Petersen, 1980). Para esse fim, a análise de teores minerais na polpa fresca dos frutos, cerca de três semanas antes da colheita comercial, é muito usada (Ferguson & Watkins, 1989; Argenta & Suzuki, 1994; Nachtigall & Freire, 1998; Basso, 2002) e pode ser empregada na segregação de lotes e pomares já no ato da colheita.

Os teores críticos de Ca, abaixo dos quais as maçãs apresentam maior risco de comprometimento da qualidade pós-colheita, têm sido relatados por diversos autores. No Sul do Brasil, adotou-se como nível crítico de Ca nos frutos o teor de 40 mg kg⁻¹ (em matéria fresca), abaixo do qual aumentam os riscos de comprometimento da qualidade e de ocorrência de distúrbios fisiológicos pós-colheita em maçãs (Argenta & Suzuki, 1994; Neilsen & Neilsen, 2009).

Baixos teores de P também podem causar distúrbios fisiológicos pós-colheita. Em maçãs 'Bramley's Seedling' e 'Cox's Orange Pippin', sensíveis a injúria por frio durante o armazenamento, o distúrbio é maior em frutos com teores de P menores que 90 e 110 mg kg⁻¹, respectivamente (Johnson, 1980). Em maçãs 'Fuji' e 'Silken', verificou-se maior ocorrência de pingo-de-mel e menor potencial de armazenamento

pós-colheita em frutos com teores de P abaixo de 100 mg kg⁻¹ (Neilsen et al., 2008). Em geral, maçãs com teores de P inferiores a 100 mg kg⁻¹ apresentam maiores riscos de comprometimento da qualidade pós-colheita.

Os elementos K e Mg também podem predispor frutos de maçã à ocorrência de distúrbios fisiológicos (Vang-Petersen, 1980), já que reduzem a absorção e o transporte de Ca para os frutos. Além disso, K e Mg competem pelos sítios de ligação do Ca na membrana plasmática e não desempenham a mesma função de preservação de sua integridade, o que provoca o colapso da membrana e morte celular (Freitas et al., 2010). Segundo Terblanche (1981), maçãs com teores de K e Mg superiores a 950 mg kg⁻¹ e 40 mg kg⁻¹, respectivamente, apresentam maiores riscos de ocorrência de "bitter pit". A relação (K+Mg)/Ca também tem sido utilizada para avaliar o risco de ocorrência de "bitter pit". Maçãs 'Gala' e 'Golden Delicious' com (K+Mg)/Ca maior do que 27 e 32, respectivamente, apresentam maior risco de manifestar o distúrbio (Argenta & Suzuki, 1994; Nachtigall & Freire, 1998). Além disso, 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 (Dris et al., 1998) e com valores da relação N/Ca superiores a 14 (Amarante et al., 2010) apresentam maiores riscos de ocorrência de "bitter pit".

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji', em pomares de diferentes regiões do Sul do Brasil.

Material e Métodos

Amostras de maçãs das cultivares Gala e Fuji foram coletadas anualmente, durante o período de 1991 a 2007, de 15 a 20 dias antes do ponto de colheita comercial, nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, com altitudes médias de 960, 1.030 e 1.162 m, respectivamente. A região Fraiburgo compreendeu os municípios catarinenses de Fraiburgo, Caçador, Videira, Monte Carlo e Lebon Régis; a região Vacaria, os municípios gaúchos de Vacaria e Lagoa Vermelha, e o Município catarinense de Lages; e a região São Joaquim, os municípios catarinenses de São

Joaquim, Urubici e Urupema, e o Município gaúcho de Bom Jesus. Cada amostra analisada, em cada ano, representou um pomar comercial.

As três regiões possuem clima do tipo Cfb (mesotérmico úmido, com verão fresco), segundo a classificação de Köppen. Pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2006), os solos predominantes nas três grandes áreas são Nitossolos na região Fraiburgo, Cambissolos e Neossolos na região São Joaquim e, na região Vacaria, Latossolos em Vacaria e Lagoa Vermelha e Cambissolos e Neossolos em Lages.

Os dados mensais médios de precipitação pluvial (mm), número de dias de chuva, temperaturas média (T_m), mínima (T_{min}) e máxima (T_{max}), e número de horas de frio nos meses de maio a setembro (temperatura $\leq 7,2^\circ\text{C}$) foram coletados estações meteorológicas da Epagri em cada região. Nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, os dados climáticos foram coletados nos municípios de Caçador, Lages e São Joaquim, respectivamente.

Na região Fraiburgo, foram avaliados dados de composição mineral de frutos das cultivares Gala e Fuji de 17 safras (de 1990/1991 a 2006/2007). Na região Vacaria, foram avaliados dados de 15 safras da cultivar Gala (de 1992/1993 a 2006/2007) e de nove safras da Fuji (de 1995/1996 a 2006/2007). Na região São Joaquim, foram avaliados dados de nove safras da Gala (de 1995/1996 a 2006/2007) e de 12 safras da Fuji (de 1993/1994 a 2006/2007). Foram computados dados de 10.788 amostras de frutos de 'Gala' e 10.144 amostras de 'Fuji': 8.086 amostras de 'Gala' e 7.260 de 'Fuji', na região Fraiburgo; 1.900 de 'Gala' e 930 de 'Fuji', na região Vacaria; e 802 de 'Gala' e 1.954 de 'Fuji', na região São Joaquim.

As análises dos teores (em matéria fresca) de Ca, K, Mg, N e P na polpa dos frutos foram realizadas no Laboratório de Fisiologia e Nutrição Vegetal da Epagri, Estação Experimental de Caçador, SC, em amostras de 20 frutos por pomar ou quadra. Retirou-se uma fatia longitudinal de 1,0 cm de espessura de cada fruto, em forma de cunha, com casca, sem a parte central do carpelo, indiferentemente da posição no fruto, segundo metodologia descrita por Argenta & Suzuki (1994). A digestão da amostra (~5,0 g) foi realizada com uso de $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$, conforme Tedesco et al. (1995), para tecidos de plantas, adaptada para a análise da polpa fresca de maçãs. Os teores de N foram

determinados por semimicro-Kjeldahl, os de K, Mg e Ca por espectrofotometria de absorção atômica, e os de P pelo método do vanadato-molibdato de amônio.

As médias e os desvios-padrão dos diferentes atributos minerais foram determinados para cada cultivar, região e safra. Foi avaliada a distribuição de frequência para diferentes intervalos de teores de Ca e P, e das relações (K+Mg)/Ca e N/Ca na polpa fresca. A partir dessa distribuição, foi determinado o percentual acumulado de amostras com teores de Ca inferiores a 40 mg kg⁻¹ e de P inferiores a 100 mg kg⁻¹, e as relações (K+Mg)/Ca superiores a 30 e de N/Ca superiores a 14, correspondentes aos níveis críticos para o comprometimento da qualidade pós-colheita em maçãs 'Gala' e 'Fuji', nas diferentes regiões de produção.

Resultados e Discussão

As temperaturas – média (T_m), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) – foram menores na região São Joaquim, de maior altitude, e maiores nas regiões Fraiburgo e Vacaria (Figura 1). Fraiburgo apresentou maiores valores de T_{max} e menores valores de T_{min} do que Vacaria, porém sem grandes diferenças quanto à T_m . O número médio de horas de frio foi de 527, 703 e 888 em Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, respectivamente. Não houve diferenças substanciais entre as regiões, quanto às médias mensais de precipitação pluvial e número de dias de chuva. As três regiões caracterizam-se por precipitações moderadas, entre março e agosto, com precipitações máximas em meados da primavera (outubro) e do verão (janeiro a fevereiro).

Os teores de Ca, K, Mg, N e P e os valores das relações (K+Mg)/Ca e N/Ca variaram bastante em função da região, cultivar e safra (Figuras 2 e 3). Os teores de Ca foram maiores em maçãs 'Gala' do que em 'Fuji', durante o período avaliado, especialmente nas regiões Fraiburgo e Vacaria (Figura 2). Em Fraiburgo, maçãs 'Gala' apresentaram média de Ca acima de 40 mg kg⁻¹, exceto nos anos de 1991 a 1994 e em 2002, enquanto maçãs 'Fuji' apresentaram média de teores de Ca abaixo de 40 mg kg⁻¹, exceto nos anos de 2003 a 2006. Em Vacaria, maçãs 'Gala' apresentaram teores de Ca próximos de 40 mg kg⁻¹ nos anos de 1993, 1994, 2002 e 2007, enquanto maçãs 'Fuji' apresentaram teores de Ca menores do que este valor no período de 1997 a 2002 e em 2007. Os teores médios de Ca em maçãs 'Gala', em São Joaquim, foram sempre superiores a 40 mg kg⁻¹, com exceção de 2002, enquanto

os teores em maçãs 'Fuji', nessa região, foram próximos de 40 mg kg^{-1} de 1994 a 2003, exceto em 1999, e mais elevados a partir de 2004.

Os teores de P foram similares entre as duas cultivares, nas três regiões (Figura 2). A região São Joaquim apresentou maiores teores de P do que as regiões Fraiburgo e Vacaria, que tiveram valores muito próximos do mínimo crítico (100 mg kg^{-1}), abaixo do qual há risco de baixa preservação da qualidade pós-colheita (Nielsen et al., 2008).

Os teores de K foram similares entre as cultivares, durante o período avaliado, tendo sido ligeiramente superiores em maçãs 'Fuji' na região Fraiburgo (Figura 2). Nessa região, observou-se tendência de leve queda nos teores de K em

'Gala' e 'Fuji', ao longo do período de avaliação. Nas regiões Vacaria e São Joaquim, pôde-se observar grande variação entre safras, em ambas as cultivares, quanto aos teores de K, sem que tenha havido tendência clara de redução ao longo do período. Independentemente da região, os teores de K podem ser considerados elevados em ambas as cultivares, ao longo de praticamente todo o período, pois estiveram acima do nível considerado adequado para a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs, que é de 950 mg kg^{-1} (Terblanche, 1981).

Os teores de Mg, durante o período de avaliação, foram maiores em maçãs 'Gala' do que 'Fuji', nas regiões Fraiburgo e Vacaria (Figura 2). No entanto, nas três regiões, os teores

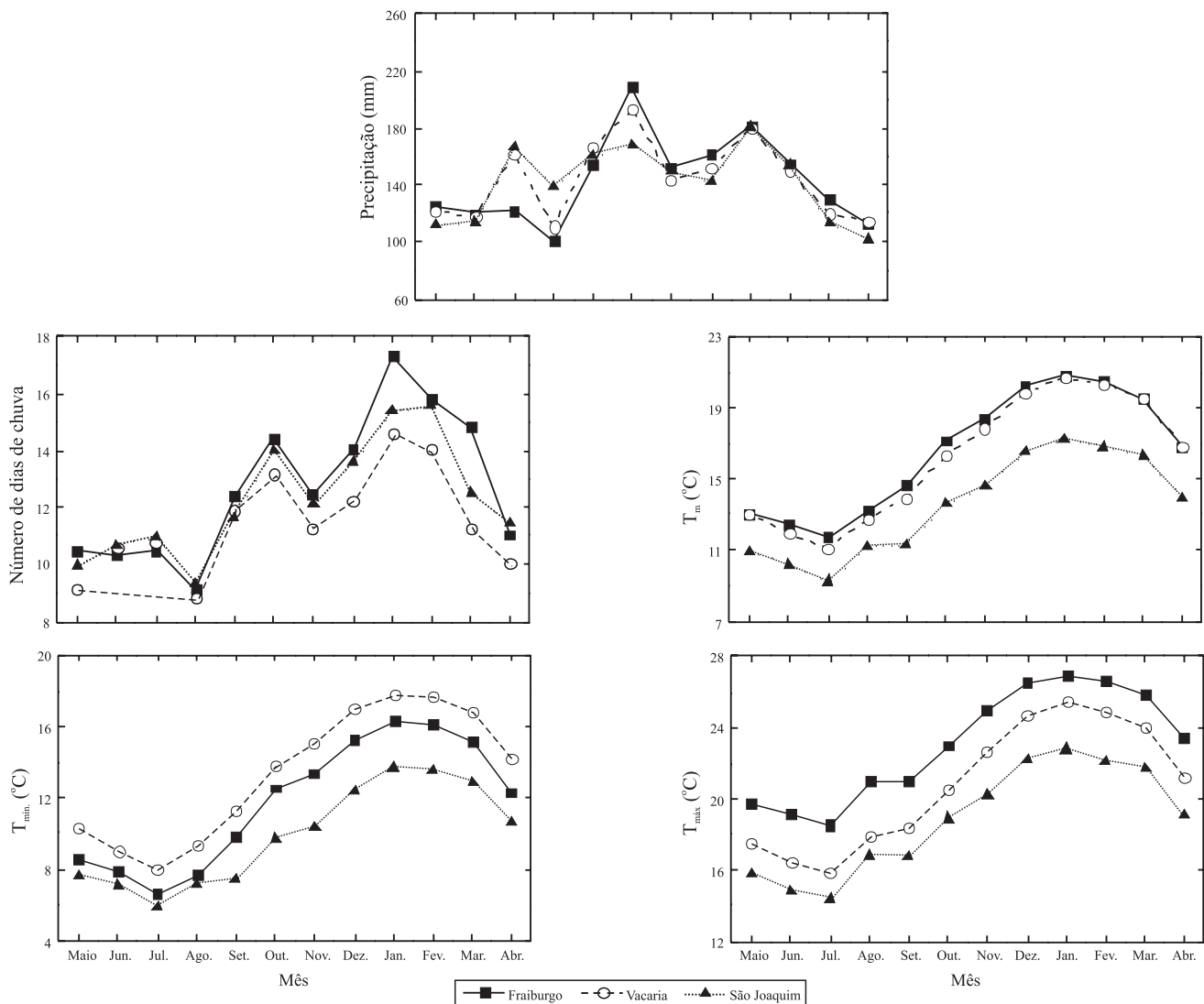


Figura 1. Dados mensais médios de precipitação pluvial, número de dias de chuva e temperaturas média (T_m), mínima (T_{\min}) e máxima (T_{\max}), nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, de 1991 a 2007.

de Mg foram altos em ambas as cultivares, acima do valor crítico para a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs, que é de 40 mg kg⁻¹ (Terblanche, 1981).

Durante o período avaliado, nas três regiões, os teores de N em 'Gala' foram ligeiramente superiores aos de 'Fuji' (Figura 2), porém, ficaram abaixo de 500 mg kg⁻¹, valor

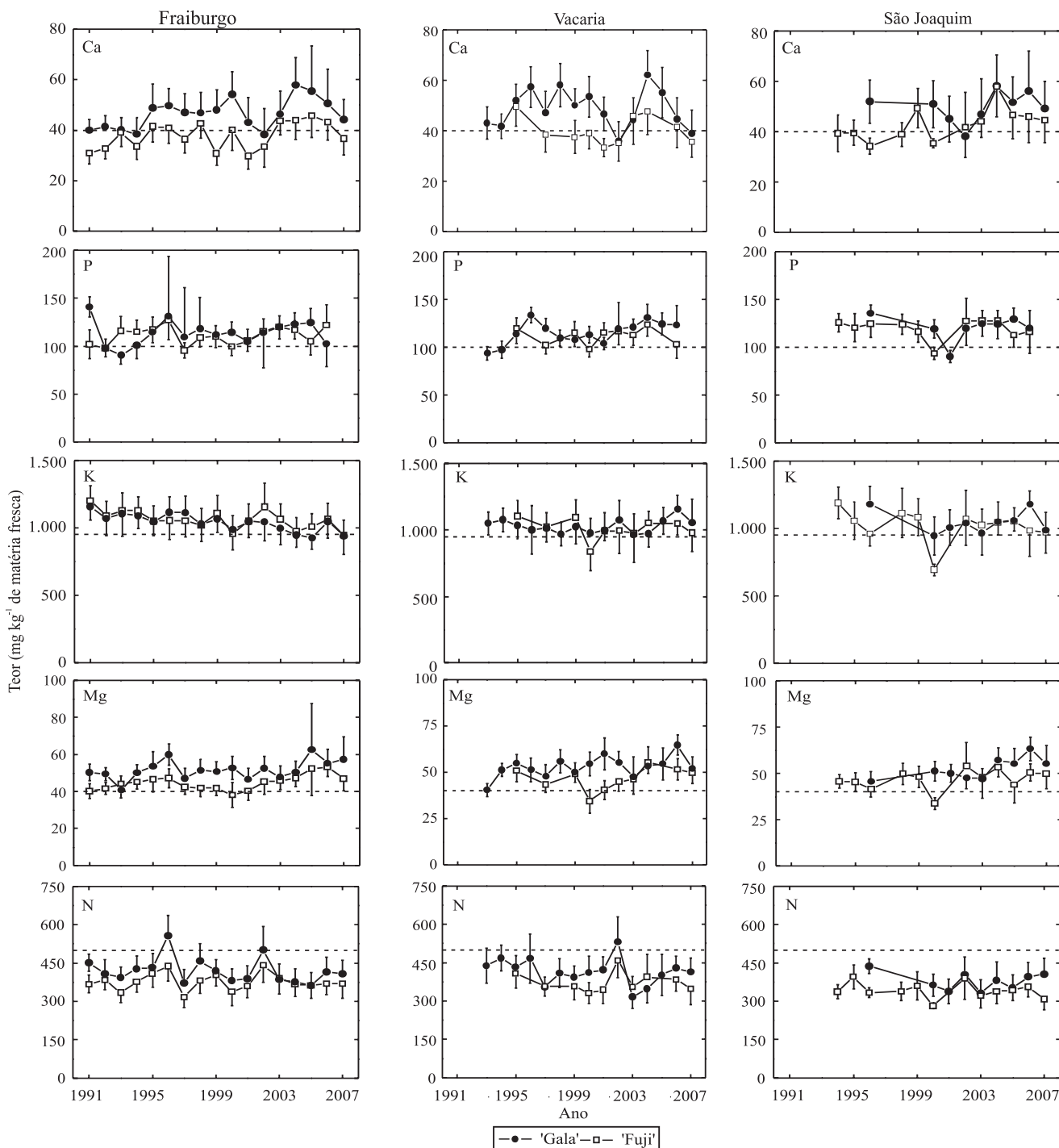


Figura 2. Média±desvio-padrão dos teores de Ca, P, K, Mg e N, em maçãs 'Gala' e 'Fuji', nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, de 1991 a 2007. Linha tracejada horizontal indica os valores críticos que podem comprometer a qualidade pós-colheita em maçãs, para os diferentes atributos minerais: Ca, inferior a 40 mg kg⁻¹; P, inferior a 100 mg kg⁻¹; K, superior a 950 mg kg⁻¹; Mg superior a 40 mg kg⁻¹; N superior a 500 mg kg⁻¹.

adequado para a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs (Dris et al., 1998; Amarante et al., 2010). As variações observadas nos teores de N, possivelmente, refletem

diferenças climáticas entre os anos ou na fertilização nitrogenada utilizada pelos produtores em diferentes safras.

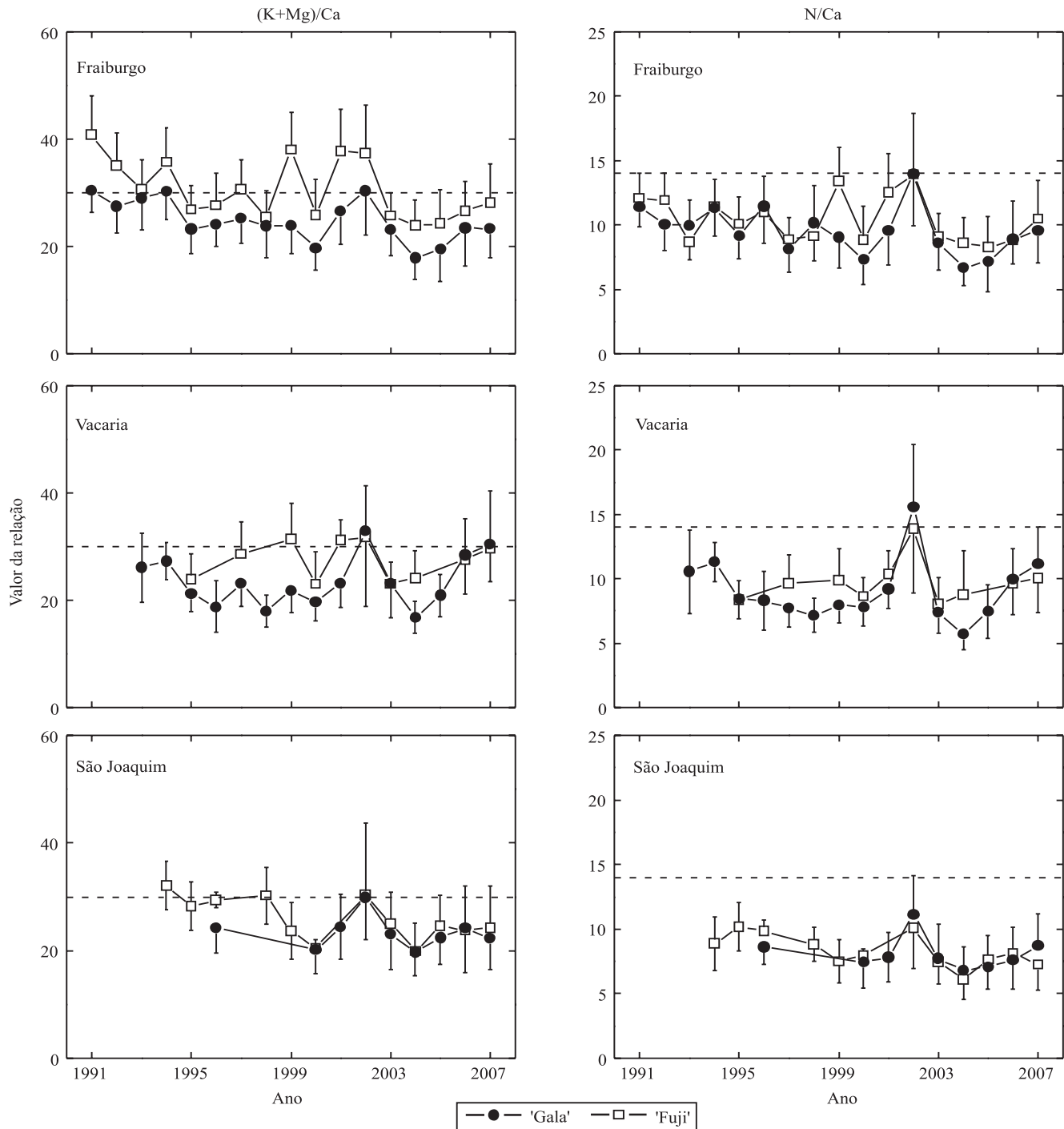


Figura 3. Média±desvio-padrão dos valores das relações $(K+Mg)/Ca$ e N/Ca , em maçãs 'Gala' e 'Fuji', nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, de 1991 a 2007. Linha tracejada horizontal indica os valores críticos que podem comprometer a qualidade pós-colheita em maçãs: $(K+Mg)/Ca$ superior a 30 e N/Ca superior a 14.

As relações (K+Mg)/Ca e N/Ca apresentaram grandes variações entre safras, independentemente da região de produção e da cultivar (Figura 3), mas com leve tendência de queda nos valores ao longo dos anos. A relação N/Ca ficou abaixo do nível crítico 14 (Amarante et al., 2010), ao passo que a relação (K+Mg)/Ca foi menor, porém próxima, do nível crítico de 30 (Argenta & Suzuki, 1994; Neilsen & Neilsen, 2009), para a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs. As relações (K+Mg)/Ca e N/Ca foram ligeiramente maiores em 'Fuji' do que em 'Gala', nas regiões Fraiburgo e Vacaria, e não diferiram substancialmente em São Joaquim. Em vários anos, a relação (K+Mg)/Ca foi maior do que 30 nas maçãs 'Fuji' em Fraiburgo.

No ano de 2002, houve grande aumento nos valores das relações (K+Mg)/Ca e N/Ca e, no período de 2006 a 2007, um aumento de menor magnitude, nas três regiões, em ambas as cultivares (Figura 3). Ressalta-se que, em 2002, registrou-se um dos maiores níveis de ocorrência de "bitter pit" de que se tem conhecimento no Sul do Brasil, durante o armazenamento refrigerado de maçãs. No ano de 2002, os maiores valores das relações (K+Mg)/Ca e N/Ca nos frutos, em ambas as cultivares, refletiram principalmente o acúmulo deficiente de horas de frio no inverno de 2001. Nesse ano, na média das três regiões estudadas, ocorreu a mais alta T_{\min} para o mês de abril ($\sim 7,3^{\circ}\text{C}$ superior à média histórica); em maio, ocorreram a maior precipitação (~ 55 mm superior à média histórica) e as maiores T_{\min} e T_{\max} ($\sim 0,9$ e $\sim 0,7^{\circ}\text{C}$ superiores às médias históricas); e, em agosto, também ocorreu elevada T_{\min} ($\sim 5,0^{\circ}\text{C}$ superior à média histórica). Temperaturas mais elevadas na entrada e na saída da dormência, associadas à maior precipitação em maio, possivelmente comprometeram o equilíbrio fisiológico das plantas, o que dificultou a superação de dormência e resultou em excessivo crescimento vegetativo (dominância apical). Segundo Ferguson & Watkins (1989), o elevado crescimento vegetativo é o principal responsável por desequilíbrios entre Ca e K, Mg e N nos frutos. Temperaturas mais elevadas e boa disponibilidade de água, no outono e inverno, também favorecem a mineralização da matéria orgânica e a atividade microbiana no solo, bem como o crescimento radicular e a absorção de nutrientes (especialmente de K, Mg e N), com reflexos negativos na composição mineral dos frutos (Ernani et al., 2008). Comportamento semelhante ao observado na safra 2001/2002 foi verificado – porém com menor

intensidade – nos frutos colhidos em 2006 e 2007, possivelmente como reflexo de falta de frio hibernal nos anos anteriores a estas colheitas.

Na cultivar Gala, o teor médio de Ca foi similar entre as regiões Fraiburgo e Vacaria (Tabela 1). Porém, o teor médio de Ca em 'Gala', nessas duas regiões, foi inferior ($\sim 5,5\%$) ao teor médio desta cultivar na região São Joaquim. O teor médio de Ca em 'Fuji' foi menor na região Fraiburgo, intermediário em Vacaria e maior em São Joaquim. Nessa cultivar, o teor médio de Ca em São Joaquim foi cerca de 13 e 19% superior aos

Tabela 1. Média \pm desvio-padrão dos valores de composição mineral (mg kg^{-1}) de amostras de maçãs 'Gala' e 'Fuji', coletadas entre 1991 e 2007, de três regiões de produção no Sul do Brasil.

Região	'Gala'	'Fuji'
Ca		
Fraiburgo	47,0 \pm 11,3	38,9 \pm 8,5
Vacaria	46,9 \pm 13,0	42,1 \pm 9,4
São Joaquim	49,7 \pm 13,1	48,3 \pm 12,3
Média	47,2 \pm 11,8	41,0 \pm 10,2
K		
Fraiburgo	1.027 \pm 130	1.052 \pm 146
Vacaria	1.029 \pm 145	1.010 \pm 144
São Joaquim	1.034 \pm 153	1.027 \pm 169
Média	1.028 \pm 134	1.043 \pm 151
Mg		
Fraiburgo	51,5 \pm 10,0	44,6 \pm 7,4
Vacaria	53,1 \pm 8,0	47,4 \pm 9,0
São Joaquim	49,8 \pm 11,1	49,3 \pm 9,4
Média	51,6 \pm 9,8	45,7 \pm 8,2
N		
Fraiburgo	420 \pm 79	381 \pm 60
Vacaria	433 \pm 106	376 \pm 67
São Joaquim	370 \pm 66	341 \pm 64
Média	419 \pm 84	373 \pm 63
P		
Fraiburgo	115 \pm 28	113 \pm 15
Vacaria	120 \pm 21	114 \pm 15
São Joaquim	125 \pm 19	128 \pm 22
Média	116 \pm 26	116 \pm 17
(K+Mg)/Ca		
Fraiburgo	24,3 \pm 6,7	29,8 \pm 8,4
Vacaria	25,1 \pm 8,8	26,5 \pm 7,7
São Joaquim	23,3 \pm 6,8	23,9 \pm 8,6
Média	24,3 \pm 7,1	28,3 \pm 8,7
N/Ca		
Fraiburgo	9,5 \pm 3,4	10,4 \pm 3,2
Vacaria	10,3 \pm 5,0	9,5 \pm 3,2
São Joaquim	8,0 \pm 2,7	7,6 \pm 2,6
Média	9,6 \pm 3,7	9,7 \pm 3,2

observados em Vacaria e Fraiburgo, respectivamente. A média dos teores de Ca, em todos os anos, foi maior do que o nível crítico de 40 mg kg^{-1} , nas três regiões e em ambas as cultivares, exceto 'Fuji' produzida em Fraiburgo, cuja média foi de $38,9 \text{ mg kg}^{-1}$. O nível crítico mínimo refere-se ao teor de Ca na polpa de maçãs, abaixo do qual há alto risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos pós-colheita, tais como "bitter pit", depressão lenticelar e rachadura na casca (Argenta & Suzuki, 1994; Neilsen & Neilsen, 2009).

Ambas as cultivares, independentemente da região de produção, apresentaram teores médios de K e Mg maiores do que os recomendados (950 mg kg^{-1} de K, e 40 mg kg^{-1} de Mg), o que indica alto risco de ocorrência de "bitter pit" (Tabela 1), tendo-se seguido indicações de Terblanche (1981). Além disso, o valor médio da relação (K+Mg)/Ca foi maior do que 27 – indicativo de elevado risco à ocorrência da desordem (Argenta & Suzuki, 1994; Nachtigall & Freire, 1998) – apenas em 'Fuji', na região Fraiburgo. Ambas as cultivares, independentemente da região de produção, também apresentaram valores médios de N menores do que 500 mg kg^{-1} e de P superiores

a 100 mg kg^{-1} , além de relação N/Ca inferior a 14, valores adequados para a preservação da qualidade pós-colheita em maçãs (Dris et al., 1998; Neilsen & Neilsen, 2009; Amarante et al., 2010).

Os dados médios de todos os anos mostram que, de maneira geral, maçãs produzidas no Sul do Brasil apresentam teores de Ca e P ligeiramente acima do mínimo necessário, e um adequado equilíbrio entre os nutrientes Ca, K, Mg e N, apesar de os valores isolados de K e Mg serem relativamente elevados (Tabela 1). No entanto, as medidas de desvio-padrão e a distribuição de frequências (Figuras 4 e 5) evidenciam o grande número de amostras (pomares) com teores minerais indicativos de alto risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos e perda da qualidade durante o armazenamento refrigerado, com diferenças entre cultivares, regiões e safras de produção.

Os diferentes intervalos de teores de Ca e P e de valores das relações (K+Mg)/Ca e N/Ca na polpa fresca de maçãs 'Gala' e 'Fuji', nas três regiões, apresentam frequências que claramente indicam um padrão de distribuição normal (Figuras 4 e 5). Nestas figuras, estão representados os percentuais acumulados

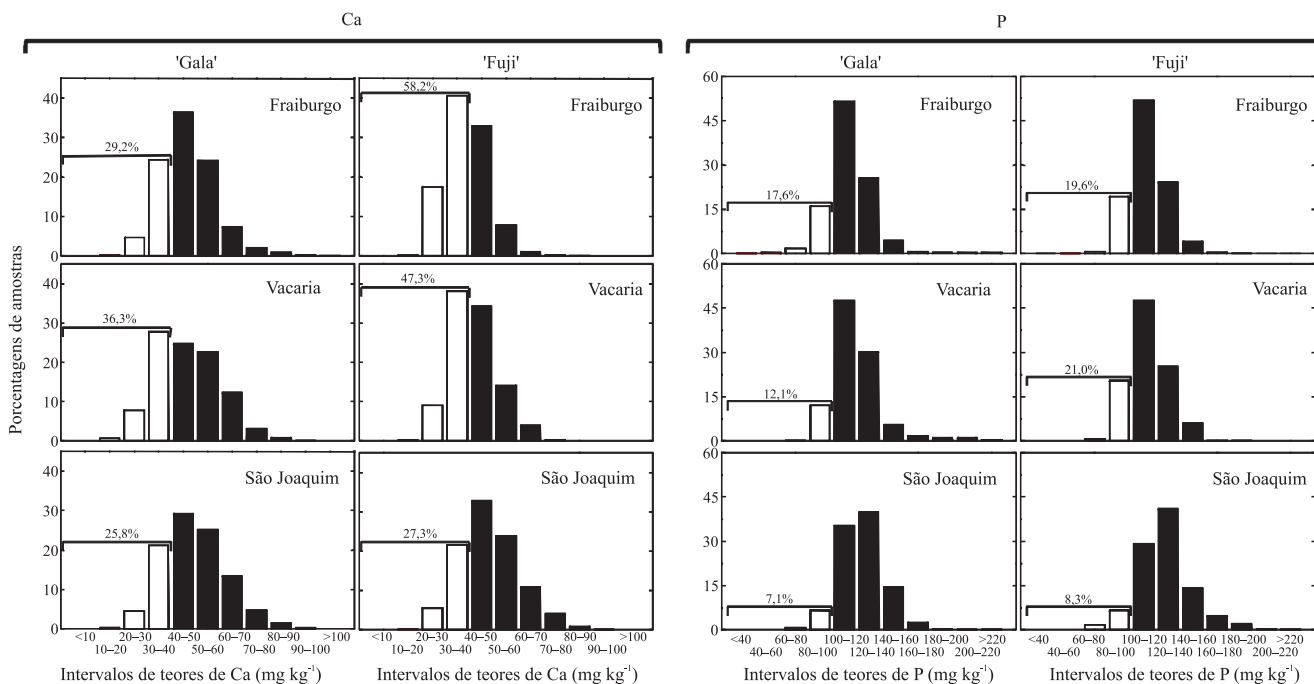


Figura 4. Percentagem de amostras de maçãs 'Gala' e 'Fuji', coletadas no período de 1991 a 2007, com os diferentes intervalos de teores de Ca e P, na polpa fresca, nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim. Os percentuais sobre a linha horizontal, no interior dos gráficos, indicam o acumulado de amostras com teores de Ca e P abaixo dos valores críticos (40 e 100 mg kg^{-1} , respectivamente) e representam maçãs com riscos de comprometimento da qualidade pós-colheita.

de amostras, com valores na zona de risco de baixo potencial de conservação da qualidade pós-colheita de maçãs, para cada atributo mineral.

Nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, o percentual de amostras (pomares) de 'Gala' que apresentaram teores de Ca inferiores a 40 mg kg^{-1} foi de 29,2, 36,3 e 25,8%, respectivamente (Figura 4). Para a cultivar Fuji, o percentual foi de 58,2, 47,3 e 27,3%. As maçãs 'Fuji' apresentaram menor teor médio de Ca do que maçãs 'Gala', independentemente da região (Tabela 1), o que está de acordo com o maior percentual de amostras com teores de Ca inferiores a 40 mg kg^{-1} observados em 'Fuji'. Em relação ao P, o percentual de amostras de 'Gala' que apresentaram teores menores do que 100 mg kg^{-1} foi de 17,6, 12,1 e 7,1%, respectivamente (Figura 4). Para 'Fuji', o percentual foi de 19,6, 21,0 e 8,3%.

Quando se consideraram os valores da relação $(K+Mg)/Ca$, o percentual de amostras com alto risco de manifestar distúrbios fisiológicos pós-colheita foi menor do que quando se considerou o teor isolado de Ca. Em maçãs 'Gala', o percentual de amostras com relação $(K+Mg)/Ca > 30$ foi de 17,0, 25,3 e 15,5%, nas regiões

Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim, respectivamente (Figura 5). Em 'Fuji', o percentual foi de 42,2, 28,0 e 17,5%. Quanto à relação N/Ca , o percentual de amostras com alto risco foi menor do que quando se consideraram o teor de Ca e a relação $(K+Mg)/Ca$. Em maçãs 'Gala', o percentual de amostras com relação N/Ca superior a 14 foi de 8,7, 20,8 e 3,5%, e, em 'Fuji', o percentual foi de 12,2, 6,8 e 2,5%, respectivamente às regiões supracitadas.

De acordo com o apresentado, é possível identificar o efeito da região na composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji'. Esse resultado está relacionado, em parte, a diferenças climáticas entre as regiões. A região São Joaquim, com clima mais frio, especialmente no período hibernal (Figura 1), com valor médio de 888 horas de frio, apresentou maiores teores de Ca e P, menores teores de N e menores valores das relações $(K+Mg)/Ca$ e N/Ca , independentemente da cultivar (Tabela 1). Assim, condições climáticas de regiões com maior altitude podem favorecer processos metabólicos e fisiológicos, que resultam em composição mineral mais adequada à conservação da qualidade dos frutos durante a armazenagem

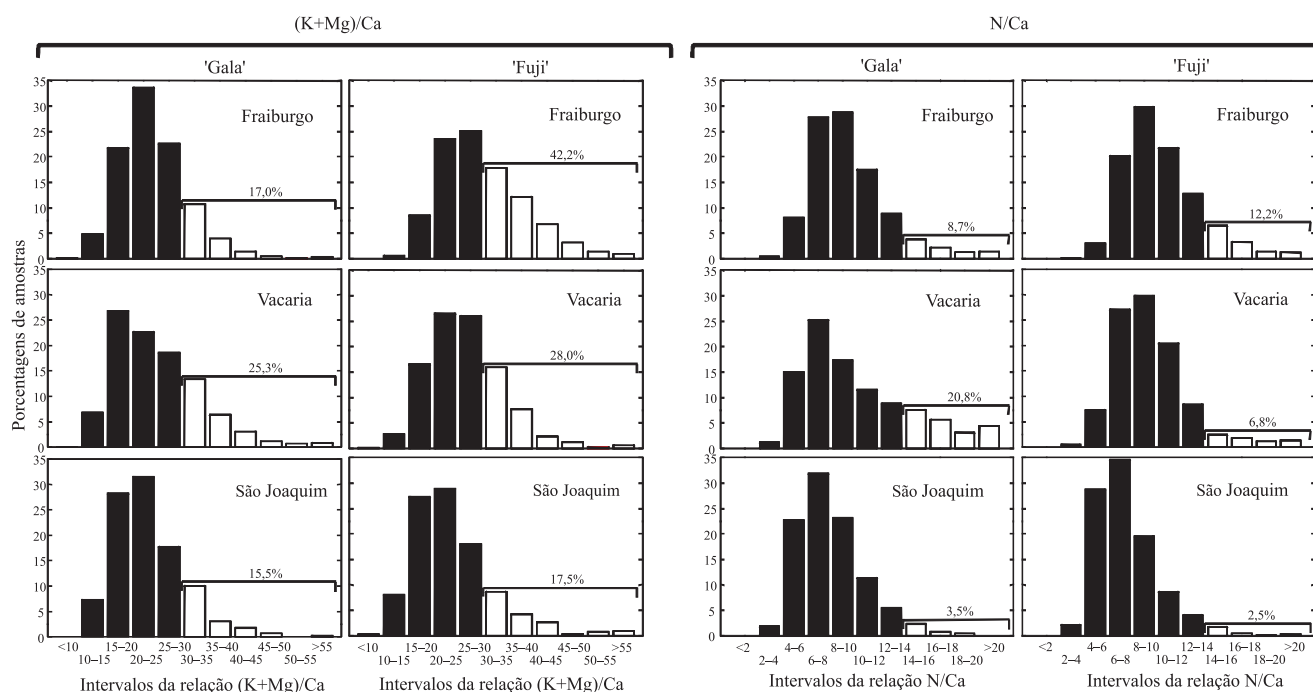


Figura 5. Percentagem de amostras de maçãs 'Gala' e 'Fuji', coletadas no período de 1991 a 2007, com os diferentes intervalos das relações $(K+Mg)/Ca$ e N/Ca , na polpa fresca, nas regiões Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim. Valores percentuais sobre a linha horizontal, no interior dos gráficos, indicam o acumulado de amostras com relações $(K+Mg)/Ca$ e N/Ca acima dos valores críticos (30 e 14, respectivamente para as relações) e representam maçãs com riscos de comprometimento da qualidade pós-colheita.

pós-colheita. Ressalta-se, ainda, que a região São Joaquim possui solos diferenciados em comparação às demais, com maior acúmulo de matéria orgânica na camada arável – em razão de temperaturas mais baixas –, o que resulta em solos com maior macroporosidade e melhor aeração (Nava & Dechen, 2009). Nessa região, prevalecem pomares em Cambissolos de altitude, que apresentam características físicas fortemente influenciadas pelo acúmulo de matéria orgânica no horizonte A.

Na comparação das duas cultivares, independentemente da região, observou-se que maçãs 'Fuji' apresentaram menores teores de Ca, Mg e N e maior relação (K+Mg)/Ca do que 'Gala' (Tabela 1). Maçãs 'Gala' apresentaram maior teor de K que a 'Fuji' apenas em Fraiburgo. A relação N/Ca não diferiu substancialmente entre as cultivares. Esses resultados diferem dos publicados por Nachtigall & Dechen (2006), que ao avaliar três safras em pomares experimentais de apenas um local (Vacaria, RS), não observaram diferenças significativas entre essas cultivares de maçã, quanto aos teores de Ca, P, K, Mg e N. As análises minerais do presente trabalho foram realizadas em amostras coletadas em pomares comerciais ao longo de mais de 15 safras, em diferentes regiões, e refletem os sistemas de nutrição e manejo dos pomares adotados comercialmente.

A composição mineral de maçãs 'Fuji' as torna mais suscetíveis a doenças e distúrbios fisiológicos como pingo-de-mel, degenerescência de polpa e injúria por CO₂. No entanto, maçãs 'Gala' apresentam composição mineral que favorece a ocorrência de "bitter pit", depressão lenticelar e rachadura da casca, em comparação a 'Fuji'. No entanto, outros fatores – de natureza genética e metabólica – além da composição mineral dos frutos podem interferir na manifestação dos diferentes distúrbios fisiológicos em pós-colheita. Esses aspectos devem ser foco de trabalhos de pesquisa.

Conclusões

1. Há grande variação nos teores médios de Ca e P e nos valores das relações N/Ca e (K+Mg)/Ca, em função da região de cultivo, safra e cultivar de maçã.

2. 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 pós-colheita.

3. Maçãs 'Fuji' apresentam composição mineral dos frutos mais favorável à ocorrência de distúrbios fisiológicos do que 'Gala', com exceção do "bitter pit".

4. O teor de Ca e a relação (K+Mg)/Ca são os índices nutricionais que mais frequentemente apontam amostras na faixa de risco, quanto à ocorrência de distúrbios fisiológicos, e o teor de P e a relação N/Ca são os que menos apontam.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsas; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina, pelo apoio financeiro; aos técnicos João Carlos Werner, José Maria Hawerth, Luiz Gustavo Kaminski, Deborah Daenecke, Camila Arndt Wamser e Karyne Betinelli, pelo apoio à realização dos ensaios químicos; e à Carmem Lídia Wolf, pela digitação e organização dos dados.

Referências

- 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, p.841-846, 2006a.
- 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, p.51-54, 2006b.
- 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, p.27-34, 2010.
- ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de "bitter pit" em maçãs cv. Gala no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.16, p.267-277, 1994.
- BASSO, C. Distúrbios fisiológicos. In: BASSO, C. *A cultura da macieira*. Florianópolis: EPAGRI, 2002. p.609-636.
- CASTRO, E. de; BIASI, W.; MITCHAM, E.; TUSTIN, S.; TANNER, D.; JOBLING, J. Carbon dioxide-induced flesh browning in 'Pink Lady' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.132, p.713-719, 2007.

- CURRY, E.A. Factors associated with lenticel breakdown in apples. **Proceedings of the Washington State Horticultural Association**, p.1-9, 2003. Available at: <<http://postharvest.tfrec.wsu.edu/REP2003B.pdf>>. Accessed on: 1 Jun. 2011.
- DRAŽETA, L.; LANG, A.; HALL, A.J.; VOLZ, R.K. Causes and effects of changes in xylem functionality in apple fruit. **Annals of Botany**, v.93, p.275-282, 2004.
- DRIS, R.; NISKANEN, R.; FALLAHI, E. Nitrogen and calcium nutrition and fruit quality of commercial apple cultivars grown in Finland. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.2389-2402, 1998.
- ERNANI, P.R.; ROGERI, D.A.; PROENCA, M.M.; DIAS, J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high density orchard carrying a dwarf rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.1113-1118, 2008.
- FERGUSON, I.B.; WATKINS, C.B. Bitter pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, v.11, p.289-355, 1989.
- 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, p.6-13, 2010.
- INGLE, M.; D'SOUZA, M.C. Physiology and control of superficial scald of apples: a review. **Journal of Horticultural Science**, v.24, p.28-31, 1989.
- JOHNSON, D.S. Influence of phosphorus sprays on the storage quality of apples. **Acta Horticulturae**, n.92, p.327-328, 1980.
- NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. **Scientia Agricola**, v.63, p.493-501, 2006.
- 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, p.158-166, 1998.
- NAVA, G.; DECHEN, A.R. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affect yield and mineral composition of 'Fuji' apples. **Scientia Agricola**, v.66, p.377-385, 2009.
- NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. **New York Fruit Quarterly**, v.17, p.21-24, 2009.
- 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.
- PERRING, M.A. Lenticel blotch pit, watercore, splitting and cracking in relation to calcium concentration in the apple fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.35, p.1165-1173, 1984.
- PERRING, M.A.; PEARSON, K.; MARTIN, K.J. The distribution of calcium in apples with senescent breakdown. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.1035-1038, 1985.
- PERRING, M.A.; PEARSON, K.; MARTIN, K.J. The distribution of calcium in apples with watercore. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.35, p.1326-1328, 1984.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SAURE, M.C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, v.105, p.65-89, 2005.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (UFRGS. Boletim técnico, 5).
- TERBLANCHE, J.H. An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control. **The Deciduous Fruit Grower**, v.31, p.501-513, 1981.
- VANG-PETERSEN, O. Calcium nutrition of apple trees: a review. **Scientia Horticulturae**, v.12, p.1-9, 1980.
- VOLZ, R.K.; ALSPACH, P.A.; FLETCHER, D.J.; FERGUSON, I.B. Genetic variation in bitter pit and fruit calcium concentrations within a diverse apple germplasm collection. **Euphytica**, v.149, p.1-10, 2006.

Recebido em 31 de outubro de 2011 e aprovado em 27 de fevereiro de 2012