



BALANÇO NUTRICIONAL DE FRUTOS DE MACIEIRA AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO

NUTRITIONAL BALANCE OF APPLE THROUGH DEVELOPMENT

Mariuccia Schlichting de Martin¹, Gentil Carneiro Gabardo², José Luis Petri³, Bianca Schweitzer⁴, Cristhian Leonardo Fenili⁵, Aike Anneliese Kretschmar⁶

RESUMO

A concentração mineral em frutos de macieira, no momento da colheita, influencia sua qualidade e capacidade de armazenamento. Alguns nutrientes são pouco móveis e absorvidos em momentos específicos, sendo que o desequilíbrio nutricional pode aumentar a ocorrência de distúrbios fisiológicos. O objetivo desse estudo foi avaliar os teores minerais na polpa de frutos de macieira ao longo do seu desenvolvimento. O experimento foi conduzido com frutos provenientes de Caçador, SC, na safra 2016/2017, com duas cultivares ('Fuji Suprema' e 'Maxi Gala'). Foram realizadas sete coletas de frutos, sendo elas: 21, 28, 35, 70, 90, 113, 127 e 142 dias após a plena floração (DAPF). Foram coletadas amostras de frutos a partir dos 21 DAPF até a colheita, sendo que a colheita da 'Maxi Gala' foi aos 127 DAPF e da 'Fuji Suprema' aos 142 DAPF. Após a coleta, foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, e as relações N/Ca, K/Ca, K+Mg/Ca nos frutos. De modo geral, a concentração dos minerais N, P, Ca e Mg na polpa dos frutos reduziram ao longo do desenvolvimento dos mesmos, em ambas as cultivares. A concentração de K diminuiu até os 90 DAPF, apresentando um pequeno aumento até a colheita. As relações K/Ca e K+Mg/Ca aumentam gradativamente até a data de colheita. A absorção do Ca está mais restrita às primeiras semanas após a floração e suas concentrações tendem a reduzir com o desenvolvimento dos frutos.

Palavras-chave: Teores minerais, *Malus domestica*, capacidade de armazenagem.

ABSTRACT

The mineral concentration in apple fruit at harvest influences their quality and storage capacity. Some nutrients are poorly mobile and absorbed at specific times, and nutritional imbalance can increase the occurrence of physiological disorders. The aim

¹Engenheira Agrônoma, Doutora e pesquisadora da Epagri/SC.

²Engenheiro Agrônomo, doutorando pela UDESC e Professor da UNIARP

³Engenheiro Agrônomo, Mestre em agronomia e pesquisador pela Epagri/SC.

⁴Bacharel e doutora em química. Química na Epagri/SC.

⁵Engenheiro Agrônomo, Mestrando pela UDESC.

⁶Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia, Professora da UDESC.

of this study was to evaluate the mineral content in the flesh of apple fruit throughout its development. The experiment was carried out using fruits from Caçador, SC, in 2016/2017 season, with two cultivars ('Fuji Suprema' and 'Maxi Gala'). The fruits were collected 21, 28, 35, 70, 90, 113, 127 and 142 days after full bloom (DAFB). Fruit samples were collected from the 21 DAFB until harvest. 'Maxi Gala' apples were harvested 127 DAFB and 'Fuji Suprema' at 142 DAFB. After harvest, N, P, K, Ca, Mg contents and N / Ca, K / Ca, K + Mg / Ca ratios were determined in fruits. In general, the concentration of N, P, Ca and Mg in the flesh of the fruits decreased during the development in both cultivars. The concentration of K decreased until the 90 DAFB, followed by a small increase until harvest. The K / Ca and K + Mg / Ca ratios increase gradually until the harvest date. Absorption of Ca are more restricted to the first weeks after flowering and their concentrations tend to reduce with fruit development.

Palavras-chave: *Mineral content, Malus domestica, storage capacity.*

INTRODUÇÃO

A cultura da macieira é de grande importância para o panorama econômico mundial. O Brasil é o 11º produtor mundial de maçãs (*Malus domestica* Borkh), com produção anual estimada de 1.378.617 toneladas do fruto na safra de 2014 (FAO, 2017). Sua produção concentra-se principalmente na região Sul do país, destacando os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Estes dois estados respondem por cerca de 96,1 % da produção nacional (IBGE, 2015). Atualmente, as principais cultivares de maçã produzidas no Brasil são 'Gala' e 'Fuji', as quais representam, juntas, em torno de 90% da produção (PETRI et al., 2011).

Para ofertar maçãs durante todo o ano, prolongar a conservação e manter a qualidade dos frutos, cerca de 99% da produção total de maçãs é destinada ao armazenamento (Associação Brasileira de Produtores de Maçã, 2004). Contudo, durante o armazenamento, as perdas pós-colheita são elevadas, em virtude da ocorrência de doenças (podridões), danos mecânicos e distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2010).

A composição mineral apresenta extrema importância, sendo chave para a manutenção da qualidade dos frutos durante a pós-colheita (BRACKMANN et al., 2010), sobretudo devido a sua relação com a incidência de distúrbios fisiológicos na cultura da macieira, como é o caso do "bitter pit" (MIQUELOTO et al., 2011) e da degenerescência de polpa (CORRÊA et al., 2017). O cálcio é o elemento mais

comumente associado à qualidade de frutos e à ocorrência de desordens fisiológicas, pois o mesmo exerce um importante papel na permeabilidade seletiva, na estruturação e na funcionalidade das membranas celulares (FREITAS et al., 2010; MIQUELOTO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013). Além disso, altos teores de K e Mg também podem estar associados à incidência de distúrbios fisiológicos (FREITAS et al., 2010). Conteúdos elevados de nitrogênio (N) (AMARANTE et al., 2010) também estão relacionados com a presença de "bitter pit" em maçãs. Além do efeito que cada nutriente pode exercer sobre a ocorrência de distúrbios, a relação entre as concentrações de nutrientes na polpa também podem predispor os frutos ao desenvolvimento de determinadas desordens.

Além de terem menor incidência de distúrbios fisiológicos, frutos com teores mais elevados de Ca podem ter maior potencial de armazenagem, devido à menor produção de etileno, menor perda de firmeza de polpa e menor incidência de podridões (BRACKMANN et al., 2010). O Ca é translocado ao fruto via xilema durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos, sendo transportado em quantidades ínfimas via floema (NAIFF, 2007). Nesse sentido, a quantidade de Ca no fruto está diretamente relacionada com a taxa de transpiração do fruto e com a funcionalidade do xilema vascular (DICHIO et al., 2003), as quais tendem a variar ao longo do ciclo da macieira. De acordo com Miqueloto et al. (2014), o tecido vascular do xilema tende a perder a funcionalidade com o crescimento e desenvolvimento dos frutos, comprometendo a absorção de Ca.

A análise de frutos tem como objetivo avaliar o equilíbrio nutricional próximo à colheita, permitindo adotar estratégias de manejo adequadas e prognosticar as possíveis ocorrências de distúrbios fisiológicos nos frutos. Amarante et al. (2009) relatam que o risco de ocorrência de "bitter pit" pode ser avaliado por meio de análise mineral dos frutos. Uma vez que a composição mineral pode indicar o potencial de armazenagem dos frutos, esse conhecimento pode auxiliar na tomada de decisão quanto ao destino a ser dado às frutas na colheita, contribuindo para redução das perdas. Todavia, existem poucos estudos que elucidem a dinâmica de nutrientes durante o período de desenvolvimento dos frutos na cultura da macieira.

O objetivo desse estudo foi avaliar os teores minerais na polpa de frutos de macieira ao longo do seu desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos em pomar experimental localizado no município de Caçador, SC (latitude 26°46'S, longitude 51° W, altitude 960 metros), na safra 2016/2017. Foram utilizadas macieiras das cultivares Fuji Suprema e Maxi Gala com sete anos de idade, enxertadas sobre porta enxerto M9 com densidade de plantio de 2.500 plantas ha⁻¹. Desde a implantação do experimento até o término da realização deste estudo, o pomar foi conduzido de acordo com as práticas de manejo recomendadas no sistema integrado de produção da macieira (SANHUEZA et al., 2006).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com duas cultivares ('Fuji Suprema' e 'Maxi Gala') e cinco repetições. As coletas foram realizadas utilizando frutos oriundos de gemas terminais de brindila aos 21, 28, 35, 70, 90, 113, 127 e 142 dias após a plena floração (DAPF). A colheita da 'Maxi Gala' foi aos 127 DAPF e da 'Fuji Suprema' aos 142 DAPF. Após a coleta, os frutos foram analisados em laboratório de ensaio químico especializado. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, e as relações N/Ca, K/Ca, K+Mg/Ca.

Para determinação da composição mineral foram utilizados 15 frutos por planta. Para a análise mineral foi utilizada uma fatia longitudinal de 1,0 cm de espessura, em forma de cunha, com casca, sem a parte central do carpelo, indiferente da sua posição no fruto, segundo metodologia descrita por Schweitzer e Suzuki (2013). O processamento das amostras foi realizado com o auxílio de um mixer Braun Multiquick MR40. Foram determinados os teores dos minerais Ca, K, P, Mg e N (mg kg⁻¹ de massa fresca). As amostras foram solubilizadas com ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio 30%, e submetidas a aquecimento a 150 °C por 2 horas. Após, foram feitas as diluições para determinação dos elementos K, Ca e Mg através do espectrofotômetro de absorção atômica (SCHVEITZER; SUZUKI, 2013), modelo Analyst 200, da marca PerkinElmer® (Waltham, EUA). Os teores do mineral N foram determinados pelo método de Kjeldahl, conforme descrito por Labconq (2012). O teor de fósforo foi determinado pelo método molibdato/vanadato em meio ácido, e a concentração determinada através da leitura em espectrofotômetro UV-VIS, marca Varian, em 420 nm

(SCHVEITZER; SUZUKI, 2013). Após as determinações, foram ainda calculadas as seguintes relações entre os nutrientes: N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Ca reduziram ao longo do desenvolvimento dos frutos, apresentando um decréscimo bastante acentuado entre os 21 e os 90 DAPF, em ambas as cultivares (Figura 1). Para maçãs da cultivar Maxi Gala, os teores permaneceram acima do limite considerado crítico para cultura da macieira próximo ao período de colheita. Por outro lado, para maçãs 'Fuji Suprema', os teores de Ca encontravam-se muito próximos ou mesmo abaixo do limite crítico durante o período de colheita. A literatura internacional, de forma geral, considera que o teor de Ca adequado para preservar a qualidade pós-colheita e prevenir a ocorrência de "bitter pit" em maçãs, em pós-colheita, deve ser maior do que 40 mg kg^{-1} de massa fresca (AMARANTE et al., 2012). Todavia, Corrêa et al. (2017) descrevem que maçãs "Fuji" produzidas no Sul do Brasil com conteúdos de Ca na polpa inferiores a 80 mg kg^{-1} apresentam maior risco de desenvolver degenerescência de polpa. O Ca exerce um importante papel na permeabilidade seletiva, na estruturação e na funcionalidade das membranas celulares, por meio da ligação de fosfolipídeos e de monogalactosildiacilgliceróis na superfície da membrana, sendo que baixas concentrações desse mineral estão associadas à ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs (FREITAS et al., 2010; MIQUELOTO et al., 2011).

Os resultados do presente trabalho indicam que a absorção de nutrientes como o Ca está mais restrita às primeiras semanas após a floração e suas concentrações tendem a reduzir com o desenvolvimento dos frutos. De acordo com Miqueloto (2011), o xilema é um tecido morto, responsável principalmente pelo transporte de Ca, um elemento imóvel, que apresenta um declínio na sua concentração, durante o crescimento do fruto. Já o floema é responsável pela condução dos elementos minerais K, Mg e N, que continuam sendo transportados via este sistema de condução durante toda a estação de crescimento do fruto. Contudo, em frutos de macieira, o tecido do xilema tende a perder a funcionalidade ao longo do período de desenvolvimento e crescimento dos frutos, reduzindo o aporte de Ca (MIQUELOTO et al., 2014). Segundo Dražeta et al. (2004), o maior

aporte de Ca para o fruto ocorre no período entre 40 e 60 DAPF, momento em que o fruto está em constante divisão celular e apresenta maior fluxo transpiratório em relação à parte vegetativa.

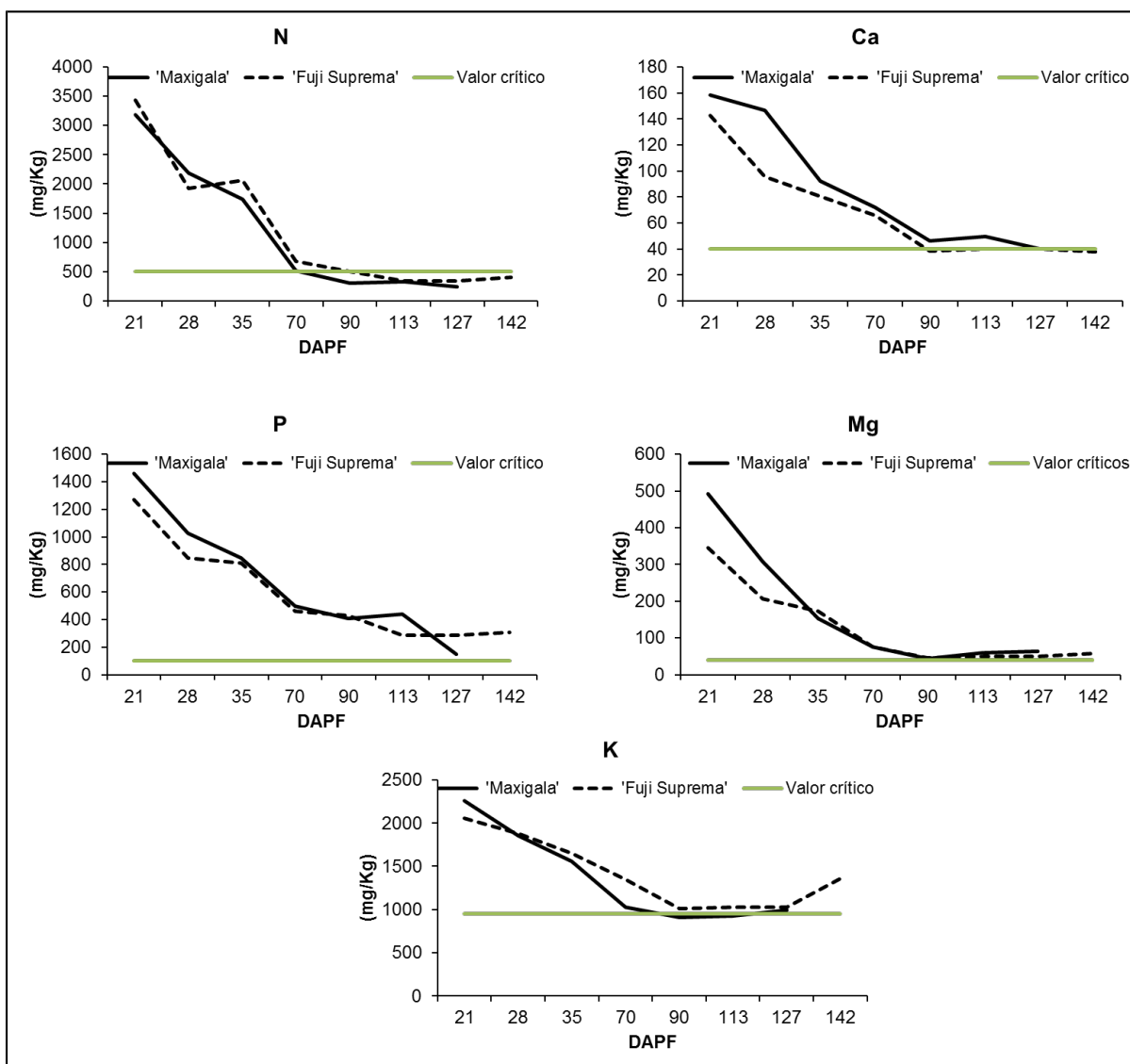


Figura 1 – Teores nutricionais de frutos de macieiras ‘Fuji Suprema’ e ‘Maxi Gala’ em diferentes estádios de desenvolvimento dos frutos na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Os teores de Mg tiveram um redução bastante acentuada até 70 DAPF, seguido por um leve declínio entre 70 e 90 DAPF (Figura 1). Após esse período, os teores de Mg apresentaram um pequeno acréscimo até a data da colheita, para ambas as cultivares, as quais apresentaram teores acima do limite recomendado

para a cultura da macieira, que é de 40 mg kg⁻¹ (AMARANTE et al., 2012), o que pode predispor os frutos a maiores ocorrências de distúrbios fisiológicos. De acordo com Freitas et al. (2010), o conteúdo de Mg pode estar relacionado à incidência de distúrbios fisiológicos em frutos devido à similaridade iônica entre o Mg e o Ca. Esses elementos competem em muitos processos celulares, como em sítios de ativação de determinadas enzimas e sítios de ligação na membrana celular. Todavia, apesar da similaridade iônica, o Mg não substitui o Ca em alguns processos celulares, o que pode explicar a ocorrência de distúrbios fisiológicos relacionados à deficiência de Ca em resposta à alta relação Mg/Ca na polpa dos frutos (FREITAS et al., 2010).

A concentração de K diminuiu até os 90 DAPF, sofrendo poucas modificações até 127 DAPF, em ambas as cultivares (Figura 1). Para maçãs 'Fuji Suprema', onde os frutos foram colhidos aos 142 DAPF, houve um acréscimo nos conteúdos de K entre os 127 e os 142 DAPF. Para ambas as cultivares, os teores de K estavam acima de 950 mg kg⁻¹, valor acima do qual as maçãs apresentam maior predisposição à ocorrência de "bitter pit" (AMARANTE et al., 2012). Teores elevados de K também têm sido associados com a ocorrência de degenerescência de polpa em maçãs (NEUWALD et al. 2008). O K compete pelos sítios de ligação com Ca nas membranas, mas não desempenha a mesma função na manutenção da integridade e estrutura de membranas na célula (FREITAS et al., 2010), promovendo assim a ocorrência de distúrbios fisiológicos como o "bitter pit".

Os teores de N tiveram um declínio bastante acentuado entre os 21 e os 70 DAPF, com uma queda pouco acentuada após esse período, para ambas as cultivares (Figura 1), as quais apresentavam, de acordo com Amarante et al. (2012), teores considerados adequados para a manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs (< 500 mg kg⁻¹). A concentração de P na polpa dos frutos reduziu de maneira similar nas duas cultivares, ao longo do desenvolvimento dos frutos (Figura 1). Ambas apresentaram, no momento da colheita, teor de P superior ao limite crítico, favorecendo a conservação dos frutos.

Para a relação N/Ca, para ambas as cultivares, ocorreu um acréscimo até os 35 DAPF, seguido por uma redução até os 70 DAPF, mantendo valores similares a esses também na data de colheita (Figura 2). As relações K/Ca e K+Mg/Ca

aumentaram até a colheita. Para maçãs 'Maxi Gala', houve um aumento mais pronunciado a partir de 113 DAPF, e para maçãs 'Fuji Suprema' a partir de 127 DAPF. Esse resultado possivelmente está associado ao aumento da concentração de K, especialmente após 127 DAPF, bem como à queda nos teores de Ca durante todo o período de desenvolvimento dos frutos. De acordo com Miqueloto et al. (2011), a relação K/Ca na polpa é o atributo mineral que melhor discrimina maçãs com e sem "bitter pit".

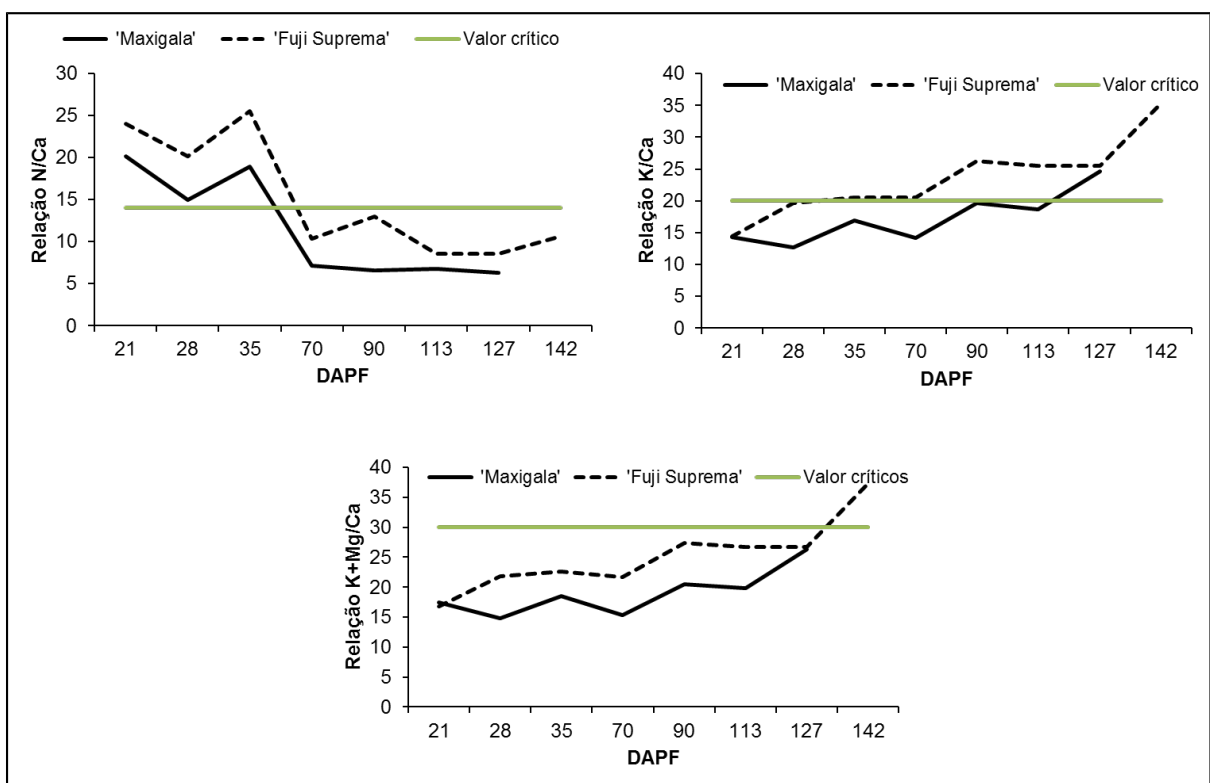


Figura 2 – Relações entre os nutrientes em frutos de macieiras 'Fuji Suprema' e 'Maxi Gala' em diferentes estádios de desenvolvimento dos frutos na safra 2016/2017. Caçador, SC.

CONCLUSÕES

De modo geral, a concentração dos minerais N, P, Ca e Mg encontrados na polpa de frutos de macieira reduz ao longo do desenvolvimento de frutos nas cultivares Maxi Gala e Fuji Suprema.

A absorção do Ca está mais restrita às primeiras semanas após a floração e suas concentrações tendem a reduzir com o avanço do desenvolvimento dos frutos em maçãs 'Fuji Suprema' e 'Maxi Gala'.

A concentração de K tende a diminuir até os 90 DAPF e apresentar um leve acréscimo até a colheita. As relações K/Ca e K+Mg/Ca aumentam gradativamente até a colheita em maçãs 'Fuji Suprema' e 'Maxi Gala'.

REFERÊNCIAS

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.; ARGENTA, L.C.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji' produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.550-560, 2012.

AMARANTE, C.V.T.; MIQUELOTO, A.; FREITAS, S.T.; STEFFENS, C.A.; SILVEIRA, J.P.G; CORRÊA, T.R. Fruit sampling methods to quantify calcium and magnesium contents to predict bitter pit development in 'Fuji' apple: A multivariate approach. **Scientia Horticulturae**, v.157, n.1, p.19-23, 2013.

AMARANTE, C.V.T.; 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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃS. **Caderno estatístico**. 2004. Disponível em: <<http://www.abpm.org.br>>. Acesso em: 5 jan. 2011.

BRACKMANN, A.; SCHORR, M.R.W.; PINTO, J.A.V.; VENTURINI, T.L. Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. **Ciência Rural**, v.40, p.1435-1438, 2010.

CORRÊA, T.R.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; MIQUELOTO, A.;

BRACKMANN, A.; ERNANI, P.R. Multivariate analysis of mineral content associated with flesh browning disorder in 'Fuji' apples produced in Southern Brazil. **Bragantia**, v.76, n.2, p.327-334, 2017.

DICHIO, B.; REMORINI, D.; LANG, A. Developmental changes in xylem functionality in kiwi fruit: implications for fruit calcium. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.610, p.191-195, 2003.

DRAZETA, L.; LANG, A.; HALL, A.J.; VOLZ, R.K. Causes and effects of changes in xylem functionality in apple fruit. **Annals of Botany**, Oxford, v.93, n.3, p.275-282, 2004.

FAO. **Produção agrícola mundial**. Disponível em:

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Acesso em: 18 de agosto. 2017.

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

IBGE. **Levantamento sistemático da produção Agrícola: Pesquisa de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, fev. 2013. P 59. Disponível em:

ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5bmensal%5d/Fasciculo/lspa_201501.pdf.

LABCONCQ, 2005. **To Kjeldahl Nitrogen Determination Methods and Apparatus**. ExpotechUSA, Houston, texas, USA. Disponível através de <<http://www.expotechusa.com/catalogs/labconco/pdf/KJELDAHLguide>>.

MIQUELOTO, A. **Atributos minerais e aspectos fisiológicos relacionados com a ocorrência de “bitter pit” em maçãs** / Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC, Lages, 2011. 56 p.

MIQUELOTO, A.; AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; SANTOS, A.;

MIQUELOTO, T.; SILVEIRA, J.P.G. Atributos fisiológicos, físico-químicos e minerais associados à ocorrência de “bitter pit” em maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.7, p.689- 696, 2011.

MIQUELOTO, A.; AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; SANTOS, A.; MITCHAM, E. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit. **Scientia Horticulturae**, v.165, n.1, p.319-323, 2014.

NAIFF, A.P.M. **Crescimento, Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de Cv. Jungle King**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2007. 77p.

NEUWALD, D.A.; KITTEMANN, D.; STREIF, J. Possible prediction of physiological storage disorders in 'Braeburn' apples comparing fruit of different orchards. **Acta Horticulturae**, n.796, p.211-216, 2008.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. especial, p.48-56, 2011.

SANHUEZA, R.M.V.; PROTAS, J.F.S.; FREIRE, J.M. **Manejo da Macieira no Sistema de Produção Integrada de Frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 164p.

SCHVEITZER, B.; SUZUKI, A. **Métodos de análises químicas de polpa fresca de maçã**. (Documentos n° 241). Maio, 2013.