

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal



Dissertação

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE
DE MAÇÃS NA COLHEITA E APÓS O ARMAZENAMENTO**

Francielle de Souza

Pelotas, 2009.

FRANCIELLE DE SOUZA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE
DE MAÇÃS NA COLHEITA E APÓS O ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter e Dr. Luiz Carlos Argenta, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

Pelotas, 2009

FRANCIELLE DE SOUZA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE
DE MAÇÃS NA COLHEITA E APÓS O ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter e Dr. Luiz Carlos Argenta, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

APROVADA: 19/06/2009

Prof. Dr. César Valmor Rombaldi

Prof. Dr. Valmor João Bianchi

Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter
(Orientador)

Dr. Luiz Carlos Argenta
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em meu coração, protegendo-me e iluminando os meus pensamentos e escolhas.

Aos meus pais pela vida, em especial à minha mãe, Ana Maria, pelo seu amor incondicional, pelo exemplo de força e coragem.

Aos irmãos Tatiana, Michelle e Otávio pelo carinho e apoio, pela nossa união, por tornarem vivo o significado da palavra família.

Ao meu noivo Júlio, pelo amor, respeito, por estar sempre ao meu lado, vivendo comigo todos os momentos de angústias e alegrias, por compreender a distância temporária.

À Universidade Federal de Pelotas, principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da Bolsa de mestrado.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), por permitir a utilização das instalações para a realização das análises laboratoriais.

Ao Dr. Luiz Carlos Argenta, pela orientação, pelos conhecimentos compartilhados, amizade, oportunidade e confiança em mim depositada. Aos pesquisadores Clori Basso e Gilberto Nava, pelas valiosas sugestões.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, em especial ao Dr. Flávio Gilberto Herter.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita, pela convivência e companheirismo. Aos queridos amigos Patrícia, Liliane e Fernando pelos ótimos momentos durante esse período, pela verdadeira amizade.

A todos aqueles que contribuíram para que esta dissertação fosse realizada, deixo aqui meu agradecimento sincero.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1	Atributos físicoquímicos da camada arável dos solos nos pomares F e M, antes da aplicação dos tratamentos.....	25
Tabela 2	Teores minerais (mg Kg^{-1}) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.....	34
Tabela 3	Relações dos teores minerais na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.....	35
Tabela 4	Índice de iodo-amido (escala 1 a 9) e cor vermelha (%) da epiderme de maçãs 'Fuji' na colheita.....	35
Tabela 5	Índice de iodo-amido (escala 1 a 9) de maçãs 'Fuji' na colheita (16/03 e 11/04) do pomar F no ano 2007.....	36
Tabela 6	Massa fresca (g) de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.....	36
Tabela 7	Firmeza (lb) de maçãs 'Fuji' (pomares F e M) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.....	37
Tabela 8	Firmeza (lb) de maçãs 'Fuji' do pomar F na colheita (16/03 e 11/04) no ano 2007 e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.....	38
Tabela 9	Acidez Titulável (%) de maçãs 'Fuji' (pomares F e M) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.....	39
Tabela 10	Sólidos Solúveis Totais (%) de maçãs 'Fuji' (pomares F e M) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.....	40

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Atributos físico-químicos da camada arável dos solos nos pomares F e M em 1998, antes da aplicação dos tratamentos.....	52
Tabela 2	Índice de Bitter Pit (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.....	62
Tabela 3	Índice de Bitter Pit (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.....	63
Tabela 4	Índice de Bitter Pit (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.....	64
Tabela 5	Teores minerais (mg Kg ⁻¹) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.....	65
Tabela 6	Relações dos teores minerais (mg Kg ⁻¹) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.....	66
Tabela 7	Massa fresca (g) de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.....	66
Tabela 8	Índice de Coração Amarronzado (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.....	67
Tabela 9	Índice de Coração Amarronzado (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.....	67
Tabela 10	Índice de Coração Amarronzado (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.....	68
Tabela 11	Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.....	68

Tabela 12	Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.....	69
Tabela 13	Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.....	69
Tabela 14	Índice de Dano por CO ₂ manchas e cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.....	70
Tabela 15	Índice de Dano por CO ₂ manchas e cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.....	71
Tabela 16	Índice de Dano por CO ₂ manchas e cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.....	72
Tabela 17	Índice de Podridão Carpelar (escala 1-5) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.....	73
Tabela 18	Índice de Podridão Carpelar (escala 1-5) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.....	74
Tabela 19	Índice de Podridão Carpelar (escala 1-5) em maçãs 'Fuji' (pomar Fukushima, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.....	75

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Teores minerais (mg Kg ⁻¹) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha ⁻¹ de N.....	96
----------	--	----

Tabela 2	Teores minerais (mg Kg^{-1}) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	97
Tabela 3	Índice de iodo-amido (escala 1 a 9) em maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N ou 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	98
Tabela 4	Cor vermelha (%) da epiderme de maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N ou 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	98
Tabela 5	Firmeza (lb) de maçãs 'Fuji' (pomares F e P) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N ou 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	99
Tabela 6	Acidez Titulável (%) de maçãs 'Fuji' (pomares F e P) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N ou 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	100
Tabela 7	Sólidos Solúveis Totais (%) de maçãs 'Fuji' (pomares F e P) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N ou 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	101
Tabela 8	Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N ou 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	102
Tabela 9	Índice de Dano por CO_2 manchas (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N ou 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O	103

Tabela 10 Índice de Dano por CO₂ cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O..... 104

Tabela 11 Índice de Podridão (escala 1-2) em maçãs 'Fuji' (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O..... 105

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	IX
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO 1	18
QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI’ NA COLHEITA E APÓS A ARMAZENAGEM EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA	18
RESUMO	19
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPÍTULO 2	46
DESENVOLVIMENTO DE DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS EM MAÇÃS ‘FUJI’ DURANTE A ARMAZENAGEM EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA	46
RESUMO	47
ABSTRACT	49
INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
CAPÍTULO 3	81
INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI SUPREMA’ NA COLHEITA E APÓS ARMAZENAGEM	81
RESUMO	82
ABSTRACT	84
INTRODUÇÃO	85
MATERIAL E MÉTODOS	87
RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
CONCLUSÃO	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111

RESUMO

SOUZA, Francielle. **Adubação nitrogenada e potássica e seus efeitos na qualidade de maçãs na colheita e após o armazenamento 2009**. 111f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes minerais mais importantes extraídos pela macieira. A planta necessita de um suprimento balanceado destes nutrientes para garantir o equilíbrio nutricional, afetando positivamente a qualidade dos frutos na colheita e a sua conservação pós-armazenagem. No presente trabalho objetivou-se avaliar a influência da adubação nitrogenada e potássica sobre a conservação da qualidade pós-colheita e prevenção de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Fuji' durante a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC), para as regiões de Fraiburgo e São Joaquim – SC. O experimento realizado em São Joaquim foi conduzido de 1998 a 2007. Os tratamentos consistiram das combinações de quatro doses de N e K (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O), aplicadas anualmente ao solo. O segundo experimento foi realizado de 2004 a 2006, no município de Fraiburgo – SC, envolvendo tratamentos referentes a 5 doses de nitrogênio (0, 25, 50, 100 e 150 kg de N/ha/ano) ou 5 doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 Kg de K₂O/ha/ano), aplicadas anualmente ao solo. As adubações nitrogenada e potássica alteraram a qualidade e a maturação de maçãs 'Fuji' na colheita e após a armazenagem, para as condições de solos rasos da região de São Joaquim – SC. As concentrações dos elementos minerais e suas relações foram alteradas. O índice de iodo-amido aumentou pela fertilização nitrogenada e diminuiu pela potássica. A suplementação com N reduziu a firmeza da polpa, a acidez, o teor de sólidos solúveis e a % de coloração vermelha na epiderme dos frutos. Essas mesmas variáveis foram afetadas positivamente pela adubação potássica, exceto para a firmeza da polpa. Para estas mesmas condições, as altas doses de N e K foram relacionadas à maior incidência de distúrbios durante a armazenagem, tais como o bitter pit, o coração amarronzado, a escaldadura superficial, os danos por CO₂ e podridões. Para a região de Fraiburgo, caracterizada por solos profundos, a adubação potássica e nitrogenada não apresentou efeito significativo sobre a qualidade e a prevenção de distúrbios fisiológicos durante a armazenagem. Além do clima, as características dos solos são diferentes entre os locais de produção, indicando a existência de um equilíbrio nutricional diferenciado, isto mostra que as doses ideais de suplementação mineral devem considerar as diferenças de disponibilidade de nutrientes no solo, bem como as características físicas do solo em cada região.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh; nitrogênio; potássio; qualidade pós-colheita; armazenagem; distúrbios fisiológicos

ABSTRACT

SOUZA, Francielle. **N and K fertilization and their effects on quality of apples at harvest and after storage** 2009. 111f. Paper (Master of Science) Post Graduation Program in Plant Physiology of Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The nitrogen and potassium are the most extracted mineral nutrient by the apple tree. The plant needs a balanced supply of these nutrients to ensure the nutritional balance, positively affecting the quality of fruits in the harvest and in postharvest. This work aimed to evaluate the influence of N and K fertilization on the retention of postharvest quality and prevention of physiological disorders in 'Fuji' apple during storage under air atmosphere (AA) and controlled atmosphere (CA) to the region of Fraiburgo and São Joaquim, SC. The experiment in São Joaquim was conducted from 1998 to 2007. The treatments consisted of combinations of four N and K rates (0, 50, 100, 150 and 200 Kg ha⁻¹year⁻¹ of N and K₂O), applied annually to the soil. The second experiment was carried out from 2004 to 2006 in Fraiburgo, SC, Brazil, testing five N rates (0, 25, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹year⁻¹ of N) or five K rates (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹year⁻¹ of K₂O), applied annually to the soil. The N and K fertilization has changed the quality and maturation of 'Fuji' apples at harvest and after storage, in the shallow soils from the region of São Joaquim, SC. The mineral elements concentrations and their relations have changed. The starch patten index increased by N fertilization and decreased by K fertilization. The supplementation with nitrogen reduced the firmness, the acidity, the soluble solids and the % of red color on the skin of the fruit. These variables were positively affected by K fertilization, except the firmness of the pulp. For these conditions, high rates of N and K were related with the greater incidence of disorders during the storage such as bitter pit, core browning, superficial scald, CO₂ damage and decay. The region of Fraiburgo, that has deeper soils, the N and K fertilization showed no consistent effect on the quality and prevention physiological disorders during storage. Besides the climate, the soil features are different between the growing regions, what indicates the existence of differently nutritional balance. This shows that the rates for mineral supplementation should consider the difference of availability of nutrients, as well as the physical features of the soil in each region.

Keywords: *Malus domestica Borkh*, nitrogen, potassium, postharvest quality, storage, physiological disorders.

INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo da macieira (*Malus domestica* Borkh), pertencente à família das Rosaceae, originou-se na Ásia e sua exploração comercialmente no Brasil teve início na década de 60. Atualmente, no Brasil, a produção de maçã vem apresentando um rápido crescimento; no ano de 2006 a produção foi de aproximadamente 580 mil toneladas (INSTITUTO FNP, 2007); porém são poucas as regiões propícias ao cultivo da macieira, sendo que os Estados do sul são os principais produtores. Aproximadamente 52% da área total cultivada com maçãs no país está situada em Santa Catarina e 42% no Rio Grande do Sul. No Estado de Santa Catarina, a produção se concentra na região do Alto Vale do Rio do Peixe, principalmente no município de Fraiburgo e, na região do Planalto Sul, principalmente no município de São Joaquim, com altitudes de aproximadamente 1100m e 1350m, respectivamente. A região de São Joaquim, por ser a mais fria, é tida como preferencial para o cultivo da macieira, com maçãs de melhor qualidade.

Nos últimos anos, têm se realizado esforços para melhorar a qualidade dos frutos comercializados e assim atender as exigências do mercado consumidor. A qualidade e o tempo de armazenagem de maçãs são afetados por parâmetros físicos e químicos como firmeza da polpa, acidez titulável, sólidos solúveis, coloração da casca, entre outros, os quais são influenciados pelas práticas de

manejo usadas na produção de maçãs (ARGENTA, 2002). Ou seja, fatores pré-colheita, como tipo de solo, local de produção, poda, nutrição mineral, influenciam na qualidade pós-colheita dos frutos.

A qualidade e desordem fisiológica de maçãs estão relacionadas com a composição mineral dos frutos (TAHIR, JOHANSSON, OLSSON, 2007). Segundo Ferguson, Volz, Wolf (1999), principalmente o N, Ca, Mg e K. A escaldadura superficial e o coração amarronzado são exemplos de distúrbios fisiológicos que são intensificados pelos longos períodos de armazenagem e são condicionados pelo desequilíbrio nutricional.

A nutrição da macieira obteve avanços significativos com as pesquisas realizadas pela Epagri na região de Fraiburgo e pela Embrapa em Vacaria (RS). Todavia na região de São Joaquim as pesquisas são ainda incipientes. Além do clima, as características dos solos são diferentes entre os locais de produção, indicando a existência de um equilíbrio nutricional diferenciado.

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes mais importantes extraídos do solo pela macieira e são encontrados em maiores concentrações que os outros macronutrientes em maçãs. A planta necessita de um suprimento balanceado destes nutrientes para garantir o equilíbrio nutricional, aumentando, assim, a produtividade e a qualidade dos frutos. O déficit de N reduz o crescimento vegetativo, a produtividade e o desenvolvimento da planta. A deficiência de K afeta o rendimento, reduz o tamanho e a coloração dos frutos. Por outro lado, o excesso de tais nutrientes, pode provocar um desequilíbrio nutricional, relacionado principalmente ao cálcio na planta e que poderá ter efeitos negativos na qualidade dos frutos, no que diz respeito a baixa capacidade de conservação e aumento da incidência a distúrbios fisiológicos como bitter pit e escaldadura superficial.

Devido ao baixo custo dos fertilizantes, quando comparado ao custo total da atividade frutícola, em muitos pomares brasileiros a quantidade aplicada excede às necessitadas pelas plantas, podendo comprometer a qualidade pós-colheita das maçãs, além de causar impacto negativo ao meio ambiente. Atualmente se prioriza o sucesso na produtividade, porém, aliado a frutas de qualidade; por isso, o uso eficiente dos adubos nitrogenados e potássicos é de fundamental importância.

Diante do exposto supracitado, o presente trabalho propôs avaliar a influência da adubação nitrogenada e potássica sobre a conservação da qualidade pós-colheita em maçãs 'Fuji' durante a armazenagem. Serão apresentados três

capítulos, dois deles com o objetivo de avaliar os efeitos interativos de doses de N, K e pomar sobre: a) a qualidade na colheita e sobre a conservação da qualidade em pós-colheita em maçãs 'Fuji' durante a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC) em dois pomares de São Joaquim – SC (Capítulo 1); b) a prevenção de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Fuji' após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC) em dois pomares de São Joaquim – SC (Capítulo 2). O Terceiro capítulo tem como objetivo avaliar a influência da adubação nitrogenada e potássica sobre a conservação da qualidade pós-colheita e prevenção de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Fuji' durante a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC) para a região de Fraiburgo – SC.

Nutrição das plantas e qualidade dos frutos

Ao relacionar os nutrientes com a qualidade dos frutos, deve-se levar em consideração a aceitação dos consumidores. Os índices que indicam qualidade incluem cor do fruto, sabor (sólidos solúveis e acidez titulável), firmeza, maturação, ausência de podridões e distúrbios fisiológicos (KADER, 2002).

A concentração do mineral nos frutos depende da sua mobilidade, sendo que a sua distribuição se dá de forma desigual nos diferentes tecidos (polpa, epiderme, sementes). Mas nem sempre a concentração dos nutrientes é tão importante quanto o balanço entre eles. A razão Ca/N tem sido relacionada a qualidade de armazenagem das maçãs (SHARPLES, 1973). Do ponto de vista fisiológico não existe razão clara, estima-se que os efeitos do nitrogênio no fruto podem ser indiretos, como por exemplo, o aumento da razão gemas/frutos.

Existem alguns fatores que influenciam o acúmulo dos nutrientes: (1) relações hídricas: as relações hídricas que envolvem a umidade relativa e transpiração, por exemplo, a prática de ensacamento aumenta a umidade relativa e pode resultar em baixa concentração de cálcio em maçãs; (2) posição do fruto na planta: os frutos localizados no alto da planta tendem a ter menos cálcio do que os frutos localizados nas partes baixas; (3) polinização: frutos que tiveram uma polinização pouco favorecida, possuem menos sementes, e tendem a ter menor conteúdo de Ca, e alto risco de ocorrência de bitter pit (BRAMLAGE et al., 1990; BROOKFIELD et al., 1996; VOLZ et al., 1996b apud FERGUNSON & BOYD, 2002); (4) produtividade: plantas

com baixa produção possui frutos com baixa concentração de Ca e alta de K quando comparados aos frutos de plantas com maior carga.

Os nutrientes podem influenciar nos atributos de qualidade dos frutos durante a armazenagem e vida de prateleira. A influência pode ser direta, tal como quando o cálcio na parede celular afeta a firmeza, ou indireta, tal como quando o nitrogênio aumenta o vigor das plantas resultando em menor exposição do fruto a luz, reduzindo a cor da epiderme (FERGUSON & BOYD, 2002).

O Nitrogênio na planta

O nitrogênio é o nutriente mineral mais importante para o crescimento e desenvolvimento de plantas frutíferas (FALLAHI, 2000), sendo requerido em quantidades relativamente grandes. Ele serve como constituinte de muitos componentes da célula vegetal; a maior parte do nitrogênio contido nas plantas faz parte da estrutura dos aminoácidos e das proteínas. Uma pequena parcela integra as moléculas de clorofila, dos nucleotídeos (ATP, ADP, NAD e NADP), dos ácidos nucléicos (DNA e RNA), das purinas, pirimidinas, vitaminas e coenzimas (ERNANI, 2003a). Portanto, a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal.

O nitrogênio é o constituinte chave das proteínas nas plantas, proteínas as quais são enzimas reguladoras de diversas reações bioquímicas. Estima-se que 70 a 80 % de todo o N foliar compõe a proteína Rubisco (Ribulose Bisfosfato Carboxilase). Esta proteína é a enzima que assimila CO₂ da atmosfera e incorpora-o como precursor de açúcares para o processo fotossintético. Além disso, 4 átomos de N são usados na produção de cada molécula de pigmento verde de clorofila, que absorvem luz e realizam a fotossíntese (JOHNSON, 1996).

As plantas frutíferas respondem a adubação nitrogenada classificadas em 3 grupos: (1) respostas vegetativas, (2) respostas envolvendo frutificação, e (3) respostas envolvendo características dos frutos. A aplicação de nitrogênio aparentemente aumenta o tamanho da folha e por conseqüência aumenta a taxa fotossintética, a qual aparentemente reforça a iniciação das gemas florais (FAUST, 1989). Além disso, o nitrogênio também está envolvido com o aumento da frutificação efetiva. Este nutriente exerce influência na formação inicial da planta bem como a renovação de brotações que darão suporte à produção futura

(NACHTIGALL, BASSO, FREIRE, 2004), dessa maneira, o N tem efeito direto na qualidade das frutas e no balanço nutricional da planta.

A deficiência de nitrogênio caracteriza-se pela redução do crescimento da planta e pela coloração verde-claro das folhas (clorose). É possível que o nitrogênio seja mobilizado a partir das folhas mais velhas, portanto as folhas mais jovens podem não mostrar inicialmente os sintomas de deficiência (TAIZ & ZEIGER, 2004). A caracterização visual de deficiência é melhor observada na fase final do ciclo vegetativo, pois a redução da cor das folhas aumenta no decorrer do ciclo (SUZUKI & BASSO, 2002). Plantas deficientes em N produzem frutos pequenos e a maturação é precoce, acelerando a mudança da cor de fundo; ou seja, estes frutos desenvolvem melhor a cor de fundo por ocasião da maturação. Portanto, a falta de N prejudica a produtividade e o desenvolvimento das plantas.

Fallahi et al. (2001) apud Fallahi et al. (2006) estudando por um longo tempo a aplicação de N na qualidade de maçãs 'Fuji' observou que os níveis ótimos de N nas folhas para produção e previsão de frutos de alta qualidade é de 2.05% da massa seca (MS) durante um ciclo sem aplicação e 2.30% MS durante ciclo em que receberam a aplicação de nitrogênio.

A recomendação da pesquisa é manter o nível de nitrogênio equilibrado na macieira, estimulando o crescimento vegetativo, para obter altas produções, promovendo a qualidade e tamanho dos frutos. Porém não é fácil manter o nível nutricional adequado, pois outras características podem ser afetadas (JOHNSON, 1996). Níveis elevados de nitrogênio estimulam o desenvolvimento vegetativo em excesso, podendo diminuir a qualidade dos frutos devido ao sombreamento dos ramos inferiores de frutificação, refletindo na redução da produção, da coloração, da capacidade de conservação das maçãs e contribuindo para o aparecimento de distúrbios fisiológicos (JOHNSON, 1996; ERNANI, 2003b). Ademais, altas taxas de nitrogênio conduzem a morte dos ramos inferiores de frutificação, e grande suscetibilidade a doenças e pragas (DAANE et al., 1995 apud JOHNSON, 1996).

Porém, em condições em que o fornecimento de N do solo é baixo, tal como ocorre em solos rasos, com baixo conteúdo de matéria orgânica ou baixo pH, ou quando o crescimento radicular é restrito por algum outro fator, as maçãs requerem quantidades maiores de N (ERNANI, DIAS, VANZ, 1997).

O Potássio na planta

O potássio é um dos nutrientes requeridos em maiores quantidades pelas plantas, em particular pelas frutíferas (FAUST, 1989). Entre os macronutrientes, é o segundo nutriente mais importante para a cultura da macieira.

O potássio está presente nas plantas como o cátion K^+ , sendo o mais abundante no citoplasma, onde desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2004). Atua no transporte de carboidratos, síntese de proteínas, ativação enzimática; possui a função de regular a abertura e o fechamento dos estômatos, auxiliando na regulação da transpiração e fotossíntese (ROM, 1996), e como consequência, tem influência na qualidade das frutas.

A concentração de K requerida para ativar enzimas não explica a sua alta demanda. No entanto, o fato do K ser fundamental na síntese protéica e ter papel importante na manutenção do potencial osmótico da célula, pode ser uma explicação para a quantidade de K requerida pelas plantas (FAUST, 1989).

A expansão celular envolve a formação de um grande vacúolo que especialmente em frutos pode ocupar 90% ou mais do volume da célula. A expansão celular é a consequência do acúmulo de potássio nas células e nos vacúolos (FAUST, 1989). Em outras palavras, o potássio é necessário para o aumento do tamanho do fruto; e o crescimento em expansão torna-se muito sensível quando a planta é submetida ao déficit deste nutriente.

A deficiência de K reduz a transpiração, pois a abertura estomática requer acúmulo de K^+ nas células guardas. O déficit de K^+ pode conduzir ao fechamento estomático, resultando na redução da transpiração (JOHNSON, 1996). Segundo Hunsche, Brackmann, Ernani (2003), a deficiência de K no solo resulta em frutos pequenos, mais firmes com menor teor de ácidos e menor coloração vermelha. Nas folhas o efeito dá-se na forma de queima-das-bordas das folhas velhas, a partir das pontas (NACHTIGALL, BASSO, FREIRE, 2004). Esses sintomas aparecem inicialmente nas folhas mais maduras face à grande mobilidade do potássio, por este nutriente ser remobilizado para folhas mais jovens em crescimento. Mesmo sendo um elemento muito móvel na planta, o teor de K na folha permanece estável durante o verão, decrescendo no começo da formação das frutas e migrando para as folhas no final do ciclo anual (NACHTIGALL, BASSO, FREIRE, 2004).

Segundo Marschner (1995 apud HUNSCHE, BRACKMANN, ERNANI, 2003) a deficiência de K diminui a síntese de carboidratos nas folhas, o que pode limitar o desenvolvimento adequado dos órgãos vegetativos e frutíferos.

O K em excesso pode interagir de forma negativa na absorção de outros nutrientes, como o Ca e o Mg, e, conseqüentemente, causar desequilíbrios nutricionais na planta (NAVA, 2001). Este desequilíbrio entre os teores de K e Ca, é um fator que possivelmente predispõe o aparecimento de alguns distúrbios fisiológicos.

A disponibilidade de K no solo depende do potencial do solo em liberar o elemento adsorvido na CTC da matéria orgânica e das adubações. Além disso, a disponibilidade e absorção de K têm relações diretas com a nutrição de outros elementos. Um suprimento adequado de K pode amenizar os efeitos negativos de uma adubação nitrogenada excessiva. O K é um íon de efeitos antagônicos sobre a absorção e translocação de Mg e Ca. Deve-se evitar o excesso de K para não induzir deficiência desses nutrientes e agravar a incidência de manchas de cortiça, provocada pelo desequilíbrio da relação K/Ca e $K^+ Mg/Ca$ (SUZUKI & BASSO, 2002).

Distúrbios fisiológicos e nutrição das plantas

A nutrição da planta influencia na qualidade dos frutos de muitas formas, a mais considerável é o efeito direto de minerais específicos nos distúrbios fisiológicos (FERGUSON & BOYD, 2002).

Quando as quantidades de fertilizante utilizadas não são equilibradas às demandas da cultura, a conseqüência é o desequilíbrio dos nutrientes no solo e na planta e, por sua vez, o aparecimento de distúrbios fisiológicos (IUCHI; NAVA; IUCHI, 2001). O equilíbrio nutricional nas plantas, nas diversas fases de crescimento, é de grande importância para diminuir a ocorrência de distúrbios fisiológicos nas maçãs, portanto, deve-se evitar a carência e o excesso de nutrientes que tenham alguma relação com a ocorrência de distúrbio.

É muito difícil determinar a relação entre os elementos minerais e a incidência de distúrbios na armazenagem. O papel de cada elemento deve ser determinado isoladamente, em especial do nitrogênio e potássio. Entretanto, deve-se levar em

consideração o sinergismo entre os elementos, muitas vezes o efeito negativo de um elemento em excesso é reduzido pela aplicação de altos níveis de outro elemento.

O excesso de nitrogênio induz crescimento vegetativo vigoroso e grande produção de carboidratos que, transportados aos frutos via floema, aumentam o tamanho e diluem o Ca nas maçãs (BASSO, 2002). As folhas da macieira contêm mais Ca do que o fruto; muitas práticas culturais que estimulam o crescimento vegetativo, como por exemplo, a aplicação de N, poderá resultar em maior distribuição do Ca para as folhas em vez do fruto (FALLAHI, et al. 2006).

O alto nível de nitrogênio envolve o aumento da produção de etileno e alta respiração; conseqüentemente os frutos poderão desenvolver escurecimento interno e outras desordens durante o armazenamento (FALLAHI, 2000). A utilização de altas doses deste nutriente, mais de 150 Kg N/ha/ano, diminui o número de células por fruto, mas aumenta o tamanho destas células, podendo conduzir ao amolecimento e degenerescência do tecido (LITTLE & HOLMES, 2000).

O excesso de K é indesejável por diminuir a adsorção de Ca e competir com este nos pontos de troca dentro da planta, deixando-a mais suscetível aos distúrbios por deficiência de Ca (BASSO, 2002). O Ca possui funções ligadas a parede celular e a membrana plasmática que são importantes em relação a distúrbios fisiológicos. Desta forma, o Ca desempenha um papel chave na ocorrência de distúrbios fisiológicos, e os fatores ligados a algum distúrbio atuam na mudança do transporte e acúmulo de Ca nos frutos.

Em maçãs, os distúrbios fisiológicos podem ser agrupados em distúrbios de pré-colheita, ou seja, aqueles que se desenvolvem durante a fase de crescimento dos frutos na planta e os distúrbios de pós-colheita, que se desenvolvem durante a armazenagem sob frio e a comercialização, ambos com sintomas internos e/ou externos. Sendo que alguns distúrbios como o “bitter pit” podem se desenvolver tanto na pré como na pós-colheita. Priorizar-se-a distúrbios fisiológicos na fase de pós-colheita, conforme se descreve a seguir.

Distúrbios Fisiológicos em pós-colheita

Bitter Pit

O Bitter Pit é um dos distúrbios fisiológicos mais conhecidos e estudados em maçãs, ele ocorre em todos os países que cultivam a macieira e pode afetar todas as cultivares, em maior ou menor intensidade, dependendo da suscetibilidade da cultivar e das condições de clima e práticas culturais (BASSO, 2002; IUCHI, NAVA, IUCHI, 2001; MEHERIUK et al., 1994). Sua ocorrência e severidade estão intimamente ligadas a fatores climáticos e ambientais. Pode se manifestar antes da colheita em anos com verão extremamente quentes ou na ausência de medidas de prevenção, mas geralmente este distúrbio se desenvolve durante a armazenagem.

Os primeiros sintomas do bitter pit são manchas pequenas que se manifestam pela tonalidade mais escura da película logo acima das áreas afetadas. O sintoma visível pode ser identificado através de uma ligeira depressão na casca, sem mudança de cor. As células afetadas morrem à medida que perdem umidade, o que leva a um encolhimento dos tecidos danificados, causando pequena depressão na superfície do fruto, porém o distúrbio não afeta diretamente a epiderme (MEHERIUK et al., 1994). A casca sobre esta depressão normalmente adquire uma cor verde-escura, aos poucos, as manchas tornam-se marrons. Um corte transversal da depressão mostra logo abaixo da casca um tecido marrom, seco e esponjoso, que é mais mole que o tecido não afetado (BASSO, 2002; IUCHI & IUCHI, 2001). Tipicamente, as lesões localizam-se na metade inferior do fruto, próximo a região pistilar (BASSO, 2002).

A ocorrência de bitter pit é mais severa em frutos grandes, colhidos imaturos, de plantas jovens. O desequilíbrio hídrico entre os frutos e as folhas, devido a excessiva transpiração, foi reconhecido como um fator de origem na causa do Bitter Pit. Segundo PIERSON, CEPONIS, McCOLLOCH (1971), a causa inicial das manchas é a ruptura das células, devido à dessecação. De acordo com Perring & Pearson (1986), o aparecimento inicial das manchas está associado com a conseqüente diminuição da quantidade de Ca na região externa da polpa.

A causa mais provável é um complexo de fatores nutricionais na polpa do fruto, dentre eles a relação Mg + K/Ca, onde o cálcio encontra-se em desvantagem (JOHNSON, MARKS, PEARSON, 1987). Teores baixos de cálcio influem na permeabilidade seletiva da membrana citoplasmática das células, resultando em

vazamento do líquido citoplasmático para os espaços livres da parede celular, necrosando as células (BASSO, 2002). Concentrações relativamente elevadas de potássio e magnésio na polpa também conduzem ao dano. A análise do tecido com as manchas, comparado com o tecido normal da mesma fruta mostra concentrações muito mais elevadas dos minerais, incluindo o cálcio e os açúcares (MEHERIUK et al., 1994). Esta descoberta pode parecer contraditória com as explicações sobre a deficiência de cálcio, mas isso é comum para tecido necrosado pela perda de carboidratos e minerais pelos tecidos adjacentes (FAUST, 1989). A dissolução da lamela média pelos ácidos oxálicos e succínicos, e a alteração na secreção do próton e permeabilidade do potássio, são outras explicações para o desenvolvimento do bitter pit (MEHERIUK et al., 1994).

A colheita antecipada, poda intensa, fertilização excessiva de nitrogênio e baixo cálcio no fruto podem contribuir para o desenvolvimento de Bitter Pit (DOBRZAŃSKI, RABCEWICZ, RYBCZYŃSKI, 2006), assim como a baixa umidade do ar e as altas temperaturas também contribuem para a suscetibilidade a este dano (BASSO, 2002; IUCHI & IUCHI, 2001; MEHERIUK et al., 1994). Dessa forma, o controle é realizado através da correção da fertilidade e acidez do solo, na adubação deve - se evitar o excesso de nitrogênio e potássio. A pulverização com cálcio, assim como os tratamentos pós-colheita com cálcio e as condições ideais de armazenagem incluindo resfriamento rápido, baixa temperatura, alta umidade relativa da câmara e uso de atmosfera controlada são fatores que minimizam a incidência de bitter pit.

Coração amarronzado (CA)

Trata-se de um distúrbio de armazenamento, conhecido na língua inglesa como 'core browning' ou 'core flush'; caracterizado pela difusão da cor marrom na polpa, próxima a região carpelar, sem distinção clara entre tecidos normais e afetados. Em algumas cultivares o distúrbio é primeiramente evidenciado como descolorações róseas ou amareladas (MEHERIUK et al, 1994). Segundo Iuchi & Iuchi (2001) o distúrbio causa uma coloração marrom-avermelhada, inicialmente confinada à região dos lóculos das sementes.

O CA aparece nos frutos após 3-4 meses de armazenamento refrigerado; está associado com temperaturas de -0,5 a 35 °C, mas pode ocorrer em ocasiões de temperaturas maiores do que 4,5 °C. Um atraso no resfriamento do fruto após a

colheita, algumas vezes pode reduzir o distúrbio, mas este atraso pode também afetar negativamente a qualidade de armazenagem da fruta. O aquecimento temporário durante o armazenamento é um tratamento eficaz para impedir o dano (MEHERIUK et al., 1994).

Esse distúrbio pode ser acentuado pelo atraso na colheita, por períodos chuvosos na fase de maturação e por baixas temperaturas durante o armazenamento. Acredita-se que este distúrbio seja causado parcialmente pela senescência natural dos tecidos, porque ele ocorre somente no final do armazenamento (IUCHI & IUCHI, 2001). No armazenamento em AC uma concentração mais elevada do CO₂ pode aumentar o CA (WILKINSON & FIDLER, 1973), particularmente se a concentração de O₂ também for elevada. Baixar a concentração de O₂ no armazenamento é um dos tratamentos mais eficazes no controle do dano (MEHERIUK et al., 1994).

Os frutos grandes, com alto teor de N são predisponentes a este distúrbio. O CA pode ser reduzido pelo atraso na armazenagem, pulverização com P e Ca, entre outros. A maturação avançada tende a reduzir a incidência do coração amarronzado.

Escaldadura Superficial

A escaldadura superficial é um distúrbio progressivo e a sua incidência e severidade aumentam nos períodos de armazenagem (LITTLE & HOLMES, 2000). Dessa forma, esta desordem tornou-se muito importante economicamente devido ao aumento da necessidade de frigoconservação das maçãs (IUCHI & IUCHI, 2001). Os sintomas aparecem após vários meses de armazenamento, como áreas difusas de coloração marrom-clara na película do fruto (BASSO, 2002), em casos severos a superfície do fruto torna-se um tanto áspera (MEHERIUK et al., 1994). As manchas são distribuídas ao acaso sobre a casca de maçãs, dentro das áreas marrons podem ser avistadas manchas verdes não danificadas, marcando as lenticelas (WILKINSON & FIDLER, 1973).

Este distúrbio afeta principalmente as cultivares de maçã 'Fuji', 'Granny Smith' e 'Gala'; porém as cultivares de película vermelha são menos suscetíveis a escaldadura superficial, mas podem apresentar sintomas naquelas partes do fruto onde a intensidade da coloração vermelha é menor (LITTLE & HOLMES, 2000).

O desenvolvimento e a severidade de escaldadura superficial em maçãs é proporcional a quantidade de antioxidante na epiderme e a oxidação de α -farneseno. A extensão do metabolismo destes componentes é também influenciado pelo clima, manejo do pomar, característica da planta e nutrição antes da colheita (WILKINSON & FIDLER, 1973). Os fatores que incrementam a severidade incluem imaturidade, altos níveis de nitrogênio, baixos teores de cálcio na polpa do fruto, temperaturas elevadas próximo a colheita, altas temperaturas e alta umidade relativa na armazenagem, bem como extensos períodos de armazenagem e atmosfera controlada (MEHERIUK et al, 1994). No caso de armazenagem em atmosfera controlada, a troca dos gases é impedida, conduzindo a um maior acúmulo de substâncias voláteis, tóxicas à película da maçã, resultando em incidência elevada de escaldadura superficial (BASSO, 2002).

As causas da escaldadura são complexas, mas acredita-se estarem associadas com o acúmulo de produtos voláteis gerados pelo próprio fruto (LUCHI & IUCHI, 2001). Os tratamentos utilizados para controlar a escaldadura superficial englobam a realização de pulverizações com cloreto de cálcio, evitar o excesso de adubação nitrogenada, realizar a colheita no ponto adequado, manter a umidade relativa da câmara fria inferior a 85% nos dois primeiros meses, promover boa ventilação em todas as partes da câmara (BASSO, 2002).

Dano de CO₂

A armazenagem sob atmosfera controlada possui vários benefícios, apesar disto, essa técnica pode ter efeitos negativos na conservação da qualidade dos frutos dependendo do manejo das câmaras. A injúria por dióxido de carbono pode ocorrer nos frutos que são mantidos em atmosfera controlada, embalado em recipientes fechados, transportado em veículos mal ventilados, ou que receberam algum tratamento pós-colheita contendo CO₂ (MEHERIUK et al., 1994).

No Brasil, este problema afeta principalmente as maçãs da cv 'Fuji'. Geralmente não apresenta sintomas externos, sendo necessário cortar a fruta para identificar o dano, que pode variar conforme a cultivar (CANTILLANO & GIRARDI, 2004). Frequentemente, o Dano de CO₂ prevalece em maçãs produzidas em regiões mais frias e de altitude maior. Isto é possível porque o crescimento em condições frias altera o metabolismo celular, reduzindo a difusibilidade da epiderme e dos tecidos, e/ou aumentando a suscetibilidade ao elevado CO₂ e baixo O₂ (LAU, 1999).

O grau de severidade é influenciado pela cultivar, temperatura, concentração de O₂ e CO₂ na atmosfera, tempo de exposição aos níveis elevados de CO₂ e maturidade da fruta (MEHERIUK et al., 1994). As cultivares variam na susceptibilidade a injúria de CO₂, possivelmente mais por causa das diferenças anatômicas do que bioquímicas (MEHERIUK et al., 1994). A indução do metabolismo anaeróbico e subsequente aumento da respiração (aumento da concentração interna ou da evolução de CO₂) e aumento da produção de etanol, acetaldeído e acetato de etila são as mais evidentes respostas dos frutos a concentrações muito baixas de O₂ e/ou muito altas de CO₂. Para as cultivares 'Gala' e 'Fuji' recomenda-se concentrações de O₂ entre 1,5 e 2%. A concentração de CO₂ para 'Gala' é de 2 a 3% e para 'Fuji' 0,5 a 1% (ARGENTA, 2002). O baixo oxigênio, imaturidade, rápido estabelecimento dos níveis de CO₂ antes do fruto ser resfriado, e a umidade livre na casca dos frutos são fatores predisponentes do dano de CO₂ em frutos que foram armazenados em atmosfera controlada (MEHERIUK et al, 1994).

O dano interno de CO₂ é evidenciado pelo escurecimento dos tecidos corticais e áreas adjacentes aos carpelos. Os tecidos danificados são firmes e úmidos, posteriormente perdem umidade e formam-se cavidades de cor marrom, escuras e secas (WILKINSON & FIDLER, 1973). A aparência externa da fruta fica normal, a não ser em frutos severamente afetados, onde podem ocorrer depressões na superfície do fruto. Em algumas cultivares o tecido perto dos vasos vasculares é o mais suscetível (MEHERIUK et al., 1994).

As frutas colhidas com maturação avançada, ou que apresentem baixos níveis de cálcio e que apresentem *pingo de mel* são mais suscetíveis à injúria causada pelo CO₂. O dano cessa quando as circunstâncias causais forem removidas. Como controle deve-se realizar um rápido resfriamento e o estabelecimento das condições de AC, associado à colheita de frutas em estágio adequado de armazenagem.

Alguns estudos com a cultivar 'Golden Delicious' mostraram que não há relação entre a composição mineral dos frutos e tolerância ao CO₂, mas existe uma correlação positiva entre o nitrogênio contido nos frutos e o grau do dano (MEHERIUK et al., 1994).

Podridão Carpelar

As podridões de frutas armazenadas constituem graves perdas e depreciação do produto, prejudicando a capacidade de conservação dos frutos, e conseqüentemente afeta também a comercialização.

A podridão carpelar é observada próxima a colheita e principalmente em câmaras frias, reduzindo a capacidade de conservação dos frutos (SANHUEZA, 2004). Dentre os vários fungos causadores, os mais comuns são do gênero *Alternaria* spp e *Fusarium* spp. A disseminação é feita pela chuva e pelo vento. Os patógenos sobrevivem saprofiticamente, inclusive colonizando partes das flores durante a florada. Depois, inicia a colonização do canal de comunicação do cálice do fruto com as lojas carpelares. Cultivares com o cálice aberto do grupo 'Delicious' e 'Fuji' são mais suscetíveis do que as de cálice fechado como 'Gala' (KRETZSCHMAR, MARODIN & SANHUEZA, 2002).

A podridão inicia-se pela contaminação dos carpelos, e as características da podridão interna da fruta dependem do patógeno envolvido. No estágio mais avançado, os fungos colonizam o mesocarpo, causando a podridão que se manifesta de dentro para fora (EPAGRI, 2002). Segundo Johnson, Marks e Pearson (1987), o excesso de N em maçãs pode aumentar a suscetibilidade a podridões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, L. C. Fisiologia e tecnologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**: Florianópolis, 2002, p. 691-732.

BASSO, C. Distúrbios Fisiológicos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. p. 609- 636.

CANTILLANO, F. F; GIRARDI, C, L. Distúrbios Fisiológicos. In: **Maçã Pós-colheita - Frutas do Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 45-53, 2004.

DOBRZANSKI, B.; RABCEWICZ, J.; RYBCZYŃSKI, R. Mechanicals and Physiological Disorders. **Handling of Apple transport techniques and efficiency vibration, damage and bruising texture, firmness and quality**, Poland, 2006. 234p.

EPAGRI. **A Cultura da Macieira**. Florianópolis: Epagri, 2002.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; VANZ. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 19, n. 1, p. 33-37, 1997.

ERNANI, P.R. Aspectos Fisiológicos. In: **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para macieira**: Lages, 76p., 2003. (a)

ERNANI, P.R. Conseqüências do excesso de nitrogênio na macieira. In: **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para macieira**: Lages, 76p., 2003. (b)

FALLAHI, E. Productivity, postharvest physiology, and soil nitrate movement as influenced by nitrogen applications to 'Delicious' apple. **Acta Horticulturae**, Hogue, v. 512, p. 149-157, 2000.

FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; RETAMALES, J. B.; TABATABAEI, S. J.; VALDES, C. Prediction of apple fruit quality using preharvest mineral nutrients. **Acta horticulturae**, Hogue, v. 721, p. 259-264, 2006.

FAUST, M. Nutrition of fruit trees. In: **Physiology of Temperate Zone Fruit Trees**. New York, 1989. p. 72-97.

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

FERGUSON, I, B.; BOYD, L, M. Inorganic nutrients and fruit quality. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 17-45.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A. ERNANI, P.R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs Fuji. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.489-496, 2003.

INSTITUTO FNP. Anuário da Agricultura Brasileira. **Agrianual**, p. 350-357, 2007.

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

IUCHI, V. L.; IUCHI, T. Descrição dos distúrbios fisiológicos da macieira. In: IUCHI, V. L.; NAVA, G.; IUCHI, T. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira**. Florianópolis: Epagri/Jica, 2001, p. 12-61.

JOHNSON, D. S.; MARKS, M. J.; PEARSON, K. Storage quality of Cox's Orange Pippin apples in relation to fruit mineral composition during development. **Journal of Horticultural Science**, v. 02, n 1, p. 17-25, 1987.

JOHNSON, R. S. Manipulating Vegetative and Reproductive Growth with Water and Nitrogen. In: MAIB, K. **Tree Fruit Physiology: Growth & Development**. Washington: Good Fruit Grower, 1996, p. 81-87.

KADER, A. A. Fruits in the global market. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002, p. 1-16.

KRETZSCHMAR, A. A.; MARODIN, G. A. B.; SANHUEZA, R. M. V. Incidência de podridão carpelar em maçãs cv. 'Fuji' no RS e SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, v. 17, 2002, Belém. CD-ROM, 2002.

LAU, O. L. S. Factors affecting Braeburn browning disorder. **Tree Fruit Postharvest Journal**, v. 10, n. 1, p. 6-9, 1999.

LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. Preharvest factors affecting storage. In: LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. **Storage technology for apples and pears**, Victoria: 2000. p. 54-110.

MEHERIUK, M; PRANGE, R. K; LIDSTER, P. D; PORRITT, S.W. **Postharvest disorders of apples and pears**. Agriculture Canada Publication 1737E. Communications Branch, Agriculture Canada Ottawa. 67p, 1994.

NACHTIGALL, G. R.; BASSO, C.; FREIRE, C. J. S. Nutrição e adubação de pomares. **Maçã Produção - Frutas do Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 63-77.

NAVA, G. Descrição dos desequilíbrios nutricionais da macieira. In: IUCHI, V. L.; NAVA, G.; IUCHI, T. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira**. Florianópolis: Epagri/Jica, 2001. p.62-74.

PERRING, M. A.; PEARSON, K. Incidence of Bitter Pit in Relation to the Calcium Content of Apples: Calcium Distribution in the Fruit. **J. Sci. Food Agric.**, v. 37, p. 709-718, 1986.

PIERSON, C. F.; CEPONIS, M.J.; MCCOLLOCH, L. P. Market Diseases of Apples, Pears, and Quinces. **Agriculture Handbook N. 376**. Washington, 1971. 112p.

ROM, C, R. Environmental Factors Regulating Growth: Light, Temperature, Water, Nutrition. In: MAIB, K. **Tree Fruit Physiology: Growth & Development**, Washington: Good Fruit Grower, 1996. 11-30.

SANHUEZA, R. M. V. Podridões de maçãs frigorificadas. In: **Maçã Pós-colheita - Frutas do Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 35-44, 2004.

SHARPLES, R.O.; Orchard and climatic factors. In: FIDLER, J. C.; WILKINSON, B. G.; EDNEY, K. L.; SHARPLES, R.O. **The biology of apple and pear storage**. Research Review no. 3, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, UK, p.173-208, 1973.

SUZUKI, A.; BASSO, C. Solos e nutrição da macieira. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**: Florianópolis, p. 341- 381, 2002.

TAHIR, I. I.; JOHANSSON, E.; OLSSON, M. E. Improvement of quality and storability of apple cv. Aroma by adjustment of some pre-harvest conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 112, p. 164-171, 2007.

TAIZ, Z.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de R.E. Santarem. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

WILKINSON, B. G.; FIDLER, J. C. Physiological disorders. In: FIDLER, J. C.; WILKINSON, B. G.; EDNEY, K. L.; SHARPLES, R.O. **The biology of apple and pear storage**. Research Review no. 3, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, UK, p. 63-116, 1973.

CAPÍTULO 1

QUALIDADE DE MAÇÃS 'FUJI' NA COLHEITA E APÓS A ARMAZENAGEM EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA

RESUMO

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes minerais extraídos em maior quantidade dos solos pelas plantas. A adubação de macieiras (*Malus domestica* Borkh) com N e K influencia diretamente os processos de crescimento, formação e qualidade das maçãs. As respostas de macieiras a adição de N e K são variáveis, especialmente quando cultivadas em diferentes solos, com diferentes disponibilidades desses nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos interativos de doses de N, K e de pomar sobre a qualidade na colheita e sobre a conservação da qualidade em pós-colheita em maçãs 'Fuji' durante a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC). O experimento foi conduzido em dois pomares no município de São Joaquim – SC, e constituiu-se de uma combinação fatorial das doses de N e K (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O) aplicadas anualmente ao solo. Amostras de frutos foram colhidas em 2005 e 2006 no pomar M e em 2005, 2006 e 2007 no pomar F. A qualidade e maturação dos frutos foram determinadas um dia após a colheita e após a armazenagem refrigerada (AA e AC) mais 7 dias a 23 °C. Determinou-se o tamanho (massa), a firmeza da polpa, o índice de iodo-amido, a percentagem de cor vermelha na superfície dos frutos, o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável e a composição mineral dos frutos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 repetições, conduzido em esquema fatorial 4 x 4 x 2 x 3 (doses de N, doses de K, pomares e épocas de análises dos frutos). Os dados foram sujeitos a análise de variância usando sistema de análise estatística (SAS Institute, Inc.). Os efeitos de doses de N e K foram analisados por contrastes ortogonais. A significância dos polinômios ortogonais foi calculada pelo teste F. Efeitos de pomar e colheita (2007) foram identificados pelo teste de Fisher ($P < 0.05$). O índice de iodo-amido dos frutos aumentou pela adubação nitrogenada e diminuiu pela adubação potássica. Aplicação de doses altas de nitrogênio reduziram a acidez, o teor de sólidos solúveis e a % de coloração vermelha na epiderme dos frutos; enquanto que as doses elevadas de potássio aumentaram estes parâmetros. A firmeza de polpa foi afetada negativamente tanto pela adubação nitrogenada como pela potássica. A suplementação de 50 a 100 kg

de K foi necessária no pomar F para que os frutos atingissem tamanhos e cor próximos aos padrões mínimos de qualidade exigidos pelos consumidores. No entanto, os benefícios da adição de N sobre o tamanho ou do K sobre a cor no pomar M, em detrimento da redução da textura, poderiam se justificar para frutos destinados a exportação ou a armazenagem curta, mas não para frutos destinados a longos períodos de armazenagem. A adubação nitrogenada e potássica alterou a qualidade e a maturação de maçãs 'Fuji' na colheita e após a armazenagem. A concentração da maioria dos elementos minerais analisados, assim como as suas relações foram alteradas, dependendo do pomar e das doses aplicadas.

Palavras-chave: nitrogênio; potássio; adubação; qualidade de maçãs; armazenagem

ABSTRACT

The nitrogen and the potassium are the most extracted mineral nutrients from the soil by the plants. The fertilization of apple tree (*Malus domestica* Borkh) with N and K influences the growing, the formation and the quality process of the apples. The apple trees' responses to the addition of N and K are variable, specially, when they grow in different kinds of soils, with different availabilities of these nutrients. The aim of this study was to evaluate the interaction of N and K rates on the quality at harvest and on the conservation of the quality in postharvest in 'Fuji' apples during the storage on air atmosphere (AA) and controlled atmosphere (CA). The experiment was conducted in two orchards in São Joaquim/SC city. It was composed by a factorial combination of N and K rates (0,50,100 and 200 Kgha⁻¹ year⁻¹ of N and K₂O) that were applied annually to the soil. The fruits samples were harvested in 2005 and 2006 in the M orchard, and in 2005, 2006, and 2007 in the F orchard. The quality and the maturation of the fruits were determined one day after the harvest and after refrigerated storage plus seven days in 23°C. The size, firmness, starch patter index, red color percentage, soluble solids, titratable acidity and the mineral composition were checked. The experimental design was completely randomized with 30 repetitions, and it was conducted in a factorial 4X4X2X3 (N rates, K rates, orchards and period of analysis). The results were submitted to the analysis of variance, with SAS® software. The effects of N and K rates were analyzed by orthogonal contrast. The polynomials significance was calculated by the F-test. Harvest and orchards effects were identified by the Fisher-test (P<0.05). The fruits starch patter index increased by nitrogen and decreased by potassium fertilization. The application of high nitrogen rates reduced the acidity, the soluble solids and the red color percentage in the skin fruits; While high potassium rates increased these parameters. The firmness was negatively affected by both – nitrogen and potassium fertilization. The supplementation of 50 to 100 kg of K was needed in the F starch, so that the fruits could reach size and color close to the standard of quality demanded by the consumers. However, the benefits of N addition in the size or the K in the color in the M starch in detriment of the reduction of the texture, could be justified for exportation fruits or fruits in a short storage, but could not for fruits intended to long

periods of storage. The nitrogen and potassium changed the quality and the ripeness of 'Fuji' apple in the harvest and after the storage. The concentration of most minerals elements analyzed and their relations have changed, according to the orchard and the rates applied.

Keywords: nitrogen; potassium; fertilization; apple quality; storage.

INTRODUÇÃO

N e K são os nutrientes minerais extraídos em maior quantidade dos solos pelas plantas. A adubação com N e K pode promover o crescimento de macieiras e da produção pelo aumento da frutificação e do tamanho dos frutos (FAUST, 1989; HONGWEI, HUAIRUI, MANRU, 1990; ERNANI, 2003). Da mesma forma, a disponibilidade de nutrientes às plantas durante seu crescimento também tem o potencial de afetar a qualidade de maçãs na colheita e a conservação de sua qualidade durante a armazenagem (SHARPLES, 1973; FERGUSON & BOYD, 2002).

A qualidade de maçãs na colheita é definida principalmente pelas condições climáticas, sistema de manejo e disponibilidade de nutrientes minerais durante o crescimento das plantas (LITTLE & HOLMES, 2000). Por outro lado, a conservação da qualidade durante a armazenagem é afetada principalmente pelas condições de temperatura e concentração dos gases da atmosfera e pela maturação dos frutos na colheita, embora a composição mineral dos frutos também seja importante (FERGUSON & BOYD, 2002).

Alta disponibilidade de N pode afetar a aparência de forma positiva pelo aumento do tamanho e, de forma negativa, pela redução do desenvolvimento de coloração avermelhada (JOHNSON, 1996). Altas doses de K podem favorecer a aparência dos frutos tanto aumentando seu tamanho quanto melhorando sua coloração (FAUST, 1989).

Entretanto, as respostas de macieiras a adição de N e K são variáveis, especialmente quando cultivadas em diferentes solos, com diferente disponibilidade desses nutrientes (ERNANI, 2003). Adicionalmente, diferentes cultivares, sistemas de condução das plantas e condições climáticas podem alterar as respostas de macieiras à adição de N e K devido a diferenças de demanda e capacidade de alocação/absorção desses minerais.

Estudos desenvolvidos por Basso & Suzuki (1992) indicaram que não houve resposta à adubação nitrogenada em maçãs 'Golden Delicious' cultivadas em solo Latossolo Bruno, na região de Caçador - SC. Da mesma forma, Ernani et al. (1997) não observaram resposta das maçãs 'Gala' e 'Fuji' à adição de fertilizantes nitrogenados quando cultivadas em solo Latossolo Bruno na região de Vacaria.

O presente estudo é uma continuidade do trabalho de Nava (2007), o qual identificou os efeitos de doses de N e K sobre o crescimento e desenvolvimento de macieiras cv. Fuji em solos Neossolo e Cambissolo com alta deficiência de K, na região de São Joaquim - SC. Segundo Nava (2007), a produção e o tamanho de maçãs foram incrementados pelas adições anuais de N e K.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos interativos de doses de N, K e de pomar sobre a qualidade na colheita e a conservação da qualidade em pós-colheita em maçãs 'Fuji' durante a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC).

MATERIAL E MÉTODOS

Macieiras cv ‘Fuji Standart’ sobre porta-enxerto Marubakaido foram plantadas em 1992 num Cambissolo (Pomar M) e em 1996 num Neossolo (Pomar F), na região de São Joaquim, SC (28° 17’ 25” S, 49° 56’ 56” W – altitude 1350 m). Ambos os solos se caracterizaram pela pouca profundidade e pela presença de pedras no solum, sendo que o Neossolo também apresentou baixo teor de K disponível (Tabela 1).

O sistema de plantio, em baixa densidade, a condução e o manejo das plantas dos dois pomares foram similares. As doses de N e K dos tratamentos foram as mesmas nos dois locais.

Tabela 1 – Atributos físicoquímicos da camada arável dos solos nos pomares F e M, antes da aplicação dos tratamentos.

Atributo	Pomar F	Pomar M
pH (água)	6,8	6,6
P (mg dm ⁻³)	33	63
K (mg dm ⁻³)	141	258
Ca (mmol _c dm ⁻³)	89	119
Mg (mmol _c dm ⁻³)	60	64
M.O. (g dm ⁻³)	50	65
Argila (g dm ⁻³)	300	300

Fonte: (Nava, 2007)

Os tratamentos referentes á combinação fatorial das doses de N e K (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O) foram aplicados anualmente ao solo de 1998 a 2007. Aplicou-se o K na forma de cloreto de potássio, em pós-colheita (abril), juntamente com a dose única geral de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo. O N, na forma de uréia, foi parcelado, aplicando-se 50% em pós-colheita (abril) e 50% no início da estação de crescimento (setembro), conforme descrito por Nava (2007). Cada tratamento foi aplicado em parcelas de cinco plantas, em ambos os pomares, sendo colhidos apenas frutos das três plantas úteis centrais para esse experimento.

Amostras de frutos foram colhidas em 2005 e 2006 no pomar M e em 2005, 2006 e 2007 no pomar F. Em cada ano, os frutos de todos os tratamentos foram colhidos no mesmo dia, em ambos os pomares. Definiu-se o ponto de colheita com base no índice de iodo-amido dos frutos do tratamento testemunha (0/0 para N/K) para o pomar M e dos frutos do tratamento 0/100 (N/K) para o pomar F. Os frutos foram colhidos quando este índice estava entre 3,5 e 6 numa escala de 1 a 9. Em 2007, fez-se uma colheita adicional no pomar F, 26 dias após a primeira colheita.

A qualidade e a maturação dos frutos foram determinadas individualmente para cada fruto um dia após a colheita e após a armazenagem refrigerada mais 7 dias a 23 °C. Determinaram-se, para cada fruto, o tamanho (massa), a firmeza da polpa, o índice de iodo-amido e a percentagem de cor vermelha na superfície dos frutos. Determinou-se sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) no suco e o teor de minerais na polpa fresca de uma amostra de 10 frutos.

Obeve-se a massa dos frutos pesando-os em balança digital. Mediu-se a firmeza da polpa em dois lados opostos da superfície de cada fruto, com penetrômetro eletrônico com ponteira de 11 mm (Güss). O índice de degradação do amido foi estimado visualmente usando uma escala de 1 a 9 (1 = mínima degradação de amido, 9 = máxima degradação de amido) depois de expor uma secção equatorial de cada fruto à solução de I-KI (BENDER & EBERT, 1985). Obeve-se o suco com espremedor tipo Champion (Plastaket Mfg.). Mediu-se o teor de SS com refratômetro com compensação automática de temperatura (Atago). A AT foi determinada titulando-se 10 mL de suco com 0,1 N de NaOH até pH 8,1, usando-se um titulador automático (Radiometer Analytical). A proporção de cor vermelha da película foi estimada visualmente em percentagem de área avermelhada relativa à superfície total do fruto.

Os teores de N, P, K, Ca e Mg dos frutos foram determinados conforme descrito por Adler & Wilcox (1985). Os minerais foram extraídos de uma cunha (epiderme e polpa) retirada no sentido longitudinal de cada fruto. Cunhas contendo tecidos da epiderme e polpa de cada grupo de 10 frutos foram homogeneizadas em processador e aproximadamente 5 g desse material foi submetido à digestão com H_2O_2 (3,0 ml) + H_2SO_4 (1,5 ml) a 380°C em bloco digestor. No extrato, os teores de P foram determinados por espectrofotometria UV (método vanadato-molibdato) e K, Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica. O N foi determinado pelo método micro-kjehdahl, após a digestão de 5 g com H_2O_2 (5,0 ml) + H_2SO_4 (5,0 ml) a 380°C .

Os frutos foram armazenados sob atmosfera do ar (AA) a 0°C por 6,5 meses e sob atmosfera controlada (AC, 1,5% de O_2 + 2,0 % de CO_2) por 7,5 meses em câmaras de armazenagem comercial de maçãs.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial $4 \times 4 \times 2 \times 3$ correspondendo a quatro doses de N, quatro doses de K, dois pomares e três épocas de análises dos frutos (na colheita, após armazenagem sob AA e AC). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 repetições (um fruto por repetição) para análises da cor, massa, firmeza, amido e 3 repetições de 10 frutos para análises dos teores de SS, AT e minerais.

Os dados de 2005 e 2006 foram combinados, perfazendo 60 repetições (um fruto por repetição) para análises da cor, massa, firmeza e amido, e 6 repetições de 10 frutos para análises dos teores de SS, AT e minerais. Os dados foram submetidos a análise de variância (SAS Institute, Inc.). Os efeitos de doses de N e K foram analisados por contrastes ortogonais. A significância dos polinômios ortogonais foi calculada pelo teste F. Efeitos de pomar e a colheita de 2007 foram identificados pelo teste de Fisher ($P < 0.05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2005 e 2006, dentro de cada pomar, não houve efeito de interação de doses de N e K sobre os teores minerais, massa e indicadores de maturação dos frutos, possibilitando a combinação dos anos para fins de análise estatística.

Teores minerais

Frutos do pomar F apresentaram menor teor de K e maior teor de N e Ca que frutos do pomar M no tratamento testemunha (dose zero de N e K) (Tabela 2). Isto resultou numa relação K/Ca duas vezes menor no pomar F em relação ao pomar M, possivelmente causado pelo baixo teor de K no solo do pomar F. Por outro lado, os teores de N e Ca nos frutos do pomar F foram sensivelmente maiores que os do pomar M na ausência de adubação com N e K, embora os teores de matéria orgânica e Ca no solo fossem menores no pomar F que no pomar M. Possivelmente, isso está relacionado ao menor tamanho dos frutos do pomar F nas doses zero de N e K.

Dependendo do pomar, as adubações nitrogenada e potássica alteraram significativamente a concentração da maioria dos elementos minerais analisados na polpa dos frutos. No pomar F, o incremento das doses de N proporcionou aumento na concentração de N e da relação N/Ca, redução da concentração de P, K, Ca e da razão K+Mg/Ca, mas não alterou o teor de Mg. A aplicação de doses crescentes de K reduziu a concentração de N e Ca, aumentou o teor de K e as relações K/Ca e

K+Mg/Ca, mas não afetou significativamente a concentração de P e Mg e a relação N/Ca (Tabelas 2 e 3).

No pomar M, o aumento das doses de N aumentou a concentração de N e reduziu a de P na polpa dos frutos, dependendo da dose de K aplicado (Tabela 2). Neste pomar, doses crescentes de K não aumentaram significativamente a concentração de K, nem alterou de forma consistente a concentração dos demais minerais (Tabela 2). Esta ausência de resposta à adição de K pode estar relacionada à maior disponibilidade de K no solo (Tabela 1).

Os frutos possuem um gradiente interno de nutrientes. Em geral, a sua distribuição se dá de forma desigual nos diferentes tecidos. A epiderme e a região carpelar possuem alta concentração de elementos minerais, enquanto que a polpa tem menor concentração. Esta proporção geralmente corresponde ao tamanho das células encontradas nestes tecidos (FAUST, 1989). A rápida expansão do fruto pode estar associada com o aumento do fluxo de água, podendo reduzir a concentração dos minerais em base de massa fresca (FERGUSON & BOYD, 2002).

Maturação e qualidade

Houve aumento do índice iodo-amido (redução do teor de amido), com o aumento das doses de N aplicadas em ambos os pomares (Tabelas 4 e 5). Por outro lado, houve redução deste índice com o aumento da dose de K no pomar F, dependendo da dose de N aplicada.

De forma similar, o aumento da adubação com nitrogênio aumentou o índice de amido em maçãs 'cv Fuji' (RAESE & DRAKE, 1997) e em maçãs 'cv Gala' (NEILSEN; NEILSEN; HALL, 2000), enquanto o aumento da fertilização com K reduziu o índice de amido. A degradação do amido é mais rápida e a maturação de maçãs é antecipada quando as plantas se desenvolvem sob altas concentrações de N (LITTLE & HOLMES, 2000). Da mesma forma, o menor índice de amido pode indicar retardamento da maturação associado ao aumento da dose de K. No entanto, é importante considerar que os efeitos do N e K sobre o teor de amido podem não estar relacionados apenas à alteração da taxa de degradação do amido durante a maturação, mas ao acúmulo de amido durante o crescimento dos frutos. Aparentemente, é possível que altas doses de K favoreçam o acúmulo de açúcares solúveis e amido nos frutos pelo estímulo do seu transporte e/ou de sua síntese pela fotossíntese (FAUST, 1989; TAIZ & ZEIGER, 2004),

Por outro lado, o estímulo do crescimento vegetativo induzido por altas doses de N pode aumentar a força dreno das gemas vegetativas resultando no menor acúmulo de açúcares e amido nos frutos. Notou-se que a redução do teor de amido devido ao aumento da dose de N ocorreu tanto no pomar F quanto no pomar M, embora o tamanho dos frutos tenha sido reduzido ou não tenha sido afetado no pomar F, mas aumentado no pomar M devido ao aumento da dose de N (Tabela 6). Isso significa que a redução do teor de amido por altas doses de N pode não estar relacionada, em parte, ao efeito diluição pelo aumento do tamanho dos frutos.

Houve interação significativa entre doses de N e de K sobre a firmeza da polpa dos frutos (Tabelas 7 e 8). Além disso, os efeitos de doses de N e K não foram os mesmos para os dois pomares. No pomar M, a firmeza da polpa foi reduzida com o aumento da dose de N, independentemente da dose de K e da época de análise dos frutos. Exceção ocorreu para frutos do tratamento com 200 kg de K, onde a redução da firmeza devido ao aumento de N ocorreu apenas após a armazenagem. No pomar F, a redução da firmeza da polpa causada pelo aumento da dose de N foi maior quando se aplicou 100 e 200 kg de K e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA). Quando a dose de K foi zero nesse pomar, se detectou aumento da firmeza na análise realizada na colheita e redução da firmeza na análise realizada após a armazenagem em função do aumento da dose de N. Isto deve-se ao grande efeito redutor de tamanho das maçãs quando da ausência de adubação potássica.

No pomar F, a firmeza da polpa foi reduzida com o aumento da dose de K, especialmente quando a dose de N foi 100 e 200 kg. No pomar M, ao contrário, a firmeza da polpa aumentou com o aumento da dose de K quando a dose de N foi 100 ou 200 kg, mas reduziu ou não foi afetada quando a dose de N foi zero ou 50 kg, dependendo da época de análise dos frutos.

Os resultados do presente estudo confirmam aqueles relatados anteriormente com maçãs 'Royal Gala' (NEILSEN; NEILSEN; HALL, 2000), 'Goldrush' (WARGO; MERWIN; WATKINS, 2003) e 'Golden Delicious' (RAESE; DRAKE; CURRY, 2007). Fallahi & Simons (1995), Raese & Drake (1997), e Fallahi (2000) também evidenciaram baixa firmeza da polpa devido às altas doses de N, dependendo de ano e época de aplicação (clima). Outros estudos, no entanto, não observaram alteração da firmeza da polpa nem do crescimento dos frutos em função do aumento da adubação nitrogenada (FALLAHI et al., 2001). Da mesma forma, aplicação de altas doses de K reduziu a firmeza da polpa de maçãs 'Fuji' (HUNSCHE;

BRACKMANN; ERNANI, 2003) e 'Fiesta' (NEILSEN & NEILSEN 2006) ou não alterar a firmeza de maçãs 'Summerland McIntosh' (NEILSEN et al. 1998).

O crescimento dos frutos em volume ocorre pelo aumento do número e tamanho de células (COOMBE, 1976). A concentração de materiais de parede celular e a firmeza da polpa podem ser reduzidas quando o aumento do tamanho dos frutos está associado ao alongamento celular excessivo (SAMS, 1999). A redução da firmeza devido a altas doses de N observada nesse estudo foi associada ao aumento do tamanho dos frutos (Tabela 4). Entretanto, a expressão dos efeitos das altas doses de N sobre a redução da firmeza foi mais evidente após a armazenagem sob AA do que na colheita. Adicionalmente, o aumento do tamanho dos frutos causado pelo aumento das doses de K se relacionou à redução da firmeza dos frutos no pomar F, mas apenas parcialmente no pomar M. Esses resultados podem ser uma evidência que os efeitos do N e do K sobre a firmeza podem não estar relacionados apenas a alteração do tamanho dos frutos. No pomar F, por exemplo, altas doses de N e K resultaram em redução da concentração de Ca (Tabela 2). Altos teores de Ca na polpa conferem maior firmeza na colheita e menor perda de firmeza durante a armazenagem, pois o Ca é constituinte de componentes essenciais da parede celular (FERGUSON & WATKINS, 1989; FERGUSON & BOYD, 2002 ; FALLAHI et al., 1997). As ligações de cálcio possivelmente reduzem a susceptibilidade da pectina à ação de enzimas hidrolíticas (FERGUSON & BOYD, 2002).

A acidez titulável não foi afetada ou foi reduzida pela aplicação de doses crescentes de N, dependendo do pomar e da dose de K. Redução da acidez associada a aumento da adubação com N foi mais freqüente quando se aplicou baixas doses de K. Da mesma forma, estudos anteriores indicam que aplicação de altas doses de N pode causar redução da acidez titulável em maçãs 'Gala' (NEILSEN; NEILSEN; HALL, 2000) e 'Golden Delicious' (RAESE, DRAKE; CURRY 2007). Embora esse efeito tenha variado entre anos, a redução da acidez titulável pode estar relacionada a um efeito de diluição devido ao aumento do tamanho dos frutos.

Por outro lado, a acidez titulável aumentou consistentemente com o aumento da dose de K aplicada no pomar F, independentemente da dose de N (Tabela 9). Esse efeito do K foi significativo no pomar M apenas quando se aplicou altas doses

de N, especialmente depois de longos períodos de armazenagem sob AC. Correlação positiva entre doses de fertilização potássica e acidez titulável também foi observada em estudos anteriores com maçãs 'Summerland McIntosh' (NEILSEN et al., 1998) e com 'Gala', 'Fiesta' e 'Spartan' (NEILSEN & NEILSEN, 2006) e 'Fuji' (HUNCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003; NAVA; DECHEN; NACHTIGALL, 2008).

O ácido málico, um dos principais ácidos orgânicos produzidos nas folhas da macieira pode ser retranslocado para as raízes ou acumulado em outros tecidos (FAUST, 1989). A pronunciada influência da concentração de K na acidez dos frutos pode ser explicada pelo balanço cátion-ânion (JAGER & PUTTER, 1999). O potássio tem o importante papel de contrabalançar os ânions imóveis do citoplasma e os ânions móveis no vacúolo, bem como no xilema e floema. O acúmulo de ácidos orgânicos é freqüentemente consequência do transporte de K^+ sem o acompanhamento de ânions para dentro do citoplasma. O desbalanço de K^+ requer síntese de ácidos orgânicos para fazer o equilíbrio, ou seja, o K^+ em excesso promove a síntese de ácidos (FAUST, 1989). Quanto maior a concentração vacuolar de cátions, maior a concentração de ácidos orgânicos, que não estão facilmente acessíveis para quebra durante a respiração (JAGER & PUTTER, 1999).

O teor de SS (sólidos solúveis) aumentou com o aumento da dose de K quando se aplicou as maiores doses de N (Tabela 10). Esse efeito foi observado em ambos os pomares, especialmente após longos períodos de armazenagem sob AC. Por outro lado, o teor de SS foi reduzido pela aplicação de altas doses de N no pomar F quando a dose de K foi zero, mas não foi alterado significativamente quando as doses de K foram 50 a 200 kg. No pomar M, os teores de SS variaram amplamente em função da dose de N, da dose de K aplicada e da época de análise dos frutos.

Os SS do suco de maçãs correspondem principalmente a açúcares solúveis (aproximadamente 99%), ácidos orgânicos e sais inorgânicos (WILLS et al, 1981). Altos teores de SS estão relacionados a maior aceitação de maçãs pelos consumidores (HARKER et al., 2008). Redução do teor de SS em maçãs tem sido associado a altos teores de N (DRIS et al., 1999). Segundo Nava, Dechen, Nachtigall (2008) o teor de SS em maçãs 'Fuji' pode aumentar em resposta à adubação potássica, embora de forma não consistente. Da mesma forma, em maçãs 'Summerland McIntosh', a aplicação de K não afetou o teor de SS (Neilsen et al. 1998). Esse aumento do teor de SS em resposta ao aumento da dose de K pode

estar relacionado ao papel do K em favorecer o transporte aos frutos de açúcares produzidos no floema das folhas. O enchimento do floema gasta energia do ATP, e o K tem o papel de manter o balanço elétrico nos locais de produção de ATP (TAIZ & ZEIGER, 2004). Por outro lado, a redução do teor de SS devido ao alto N pode estar relacionada ao efeito de diluição devido ao aumento do tamanho dos frutos (FERGUSON & BOYD, 2002).

Para o pomar F, houve redução dos sólidos solúveis totais com o aumento das doses de N. Este resultado foi significativo somente para a dose zero de K (Tabela 10).

A incidência (%) de cor vermelha na superfície dos frutos foi reduzida em resposta ao aumento da dose de N, independentemente do pomar e da dose de K, e aumentada em resposta ao aumento da dose de K. O aumento da cor vermelha em resposta ao aumento da dose de K foi mais evidente no pomar F que no pomar M (Tabela 4).

A pigmentação avermelhada em maçãs resulta do acúmulo de antocianinas no epicarpo (SEYMOUR & MANNING, 2002). O acúmulo de antocianina nas cultivares geneticamente habilitadas, depende de vários fatores incluindo clima, sistema de condução e poda das macieiras e disponibilidade de nutrientes. Dias ensolarados sob temperaturas de 20 a 25 °C seguidos de noites frias favorecem o acúmulo de antocianinas, enquanto dias muito quentes (> 30 °C), plantas muito vigorosas e/ou conduzidas em sistema desfavorável à penetração de luz reduzem o acúmulo de antocianina (LITTLE & HOLMES, 2000; LURIE, 2002). Nesse sentido, a redução do acúmulo de antocianina em frutos de macieiras submetidas a altas doses de N pode estar relacionada, em parte, ao maior crescimento vegetativo e redução da incidência de radiação no interior da copa (JOHNSON, 1996; FALLAHI et al. 1997; RITENOUR & KHEMIRA, 1997; FALLAHI 2000; ERNANI, 2003). Por outro lado, altos teores de N favorecem o acúmulo de clorofila e reduzem a revelação de antocianinas (FERGUSON & BOYD, 2002).

O aumento da coloração avermelhada causado pela adubação potássica tem sido relatado em vários estudos embora nem sempre ocorra de forma consistente (RITENOUR & KHEMIRA 1997; NEILSEN et al., 1998; HUNSCHE, BRACKMANN E ERNANI, 2003; NEILSEN & NEILSEN, 2006; NAVA, DECHEN, NACHTIGALL, 2008). Aparentemente, é possível que o aumento do acúmulo de açúcares nos frutos devido ao aumento da adubação potássica represente um aumento de

substratos para síntese de antocianinas (FAUST, 1989), já que uma das características estruturais das antocianinas é possuir açúcar na posição 3 (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Tabelas:

Tabela 2. Teores minerais (mg Kg⁻¹) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F				Pomar M							
Nitrogênio												
0	290 #	263	254	272	ns	*	262	271	251	255	ns	ns
50	339 #	315	301	313	ns	ns	257	271	277	303	*	ns
100	412 #	390 #	349	343	***	ns	315	313	357	303	ns	ns
200	438 #	465 #	361	315	***	*	342	364	330	321	ns	ns
L	***	***	***	*			***	***	*	*		
Q	ns	ns	ns	*			ns	*	ns	ns		
Potássio												
0	784	1109	1205	1326	***	ns	1349 #	1408	1439	1429	ns	ns
50	797	832	1084	1331	***	ns	1299 #	1357 #	1473 #	1430	ns	ns
100	528	869	1118	1248	***	ns	1374 #	1360 #	1389	1427	ns	ns
200	506	698	1097	1227	***	ns	1207 #	1317 #	1313	1407	ns	ns
L	***	***	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Fósforo												
0	134	134	124	120	*	ns	142 #	139	143 #	138 #	ns	ns
50	136	121	125	127	ns	ns	141	124	134	144 #	ns	*
100	116	127	110	113	ns	ns	155 #	142	136 #	136	ns	ns
200	108	119	110	107	ns	ns	122	122	124	143 #	ns	ns
L	**	ns	*	**			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			*	ns	ns	ns		
Cálcio												
0	46	40	43	36	ns	ns	38	39	42	40	ns	ns
50	49 #	41	34	37	**	*	37	32	33	37	ns	ns
100	40	33	32	31	**	ns	34	36	34	31	ns	ns
200	42	37	37	37	ns	ns	36	36	36	41	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	**	ns			ns	ns	ns	ns		
Magnésio												
0	47	47	50	49	ns	ns	49	54	51	51	ns	ns
50	48	48	48	48	ns	ns	48	48	49	50	ns	ns
100	41	43	48	49	ns	ns	50	49	50	46	ns	ns
200	35	43	45	49	*	ns	47	51	50	50	ns	ns
L	*	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 3. Relações dos teores minerais na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F				Pomar M							
Relação N/Ca												
0	7	7	6	8	ns	ns	8	7	6	7	ns	ns
50	7	8	9	9	ns	ns	7	9	10	9	ns	ns
100	11	12	11	11	ns	ns	11	10	12	10	ns	ns
200	11	13	10	9	**	ns	11	12	11	10	ns	ns
L	***	***	**	*			***	***	**	*		
Q	ns	ns	**	*			ns	ns	ns	ns		
Relação K/Ca												
0	18	28	29	38	***	ns	38 #	37 #	36	36	ns	ns
50	17	21	33	37	***	ns	37 #	46 #	50 #	41	ns	ns
100	14	27	35	40	***	ns	47 #	41 #	44	47	ns	ns
200	12	20	29	34	***	ns	36 #	40 #	40	39	ns	ns
L	*	*	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	*	ns			ns	ns	ns	ns		
K+Mg/Ca												
0	19	29	30	39	***	ns	39 #	39 #	38	37	ns	ns
50	18	22	35	38	***	ns	38 #	47 #	52 #	43	ns	ns
100	14	28	37	42	***	ns	48 #	42 #	45	48	ns	ns
200	13	21	31	35	***	ns	37 #	41 #	41	40	ns	ns
L	**	*	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	*	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 4. Índice de iodo-amido (escala 1 a 9) e cor vermelha (%) da epiderme de maçãs 'Fuji' na colheita.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F				Pomar M							
Índice de iodo-amido (escala 1-4)												
0	4.9 #	3.8	4.0	4.0	**	*	3.6	3.5	3.7	3.4	ns	ns
50	5.4 #	4.9 #	5.4 #	4.5	ns	ns	3.3	3.9	3.2	4.2	*	ns
100	6.7 #	5.7 #	5.1 #	4.6 #	***	ns	3.8	4.1	4.2	3.8	ns	ns
200	7.4 #	5.1	4.8 #	4.8	***	***	4.9	4.4	3.7	4.3	*	*
L	***	***	*	**			***	*	ns	*		
Q	ns	**	***	ns			**	ns	ns	ns		
Cor vermelha (%)												
0	58	68	71	70	***	*	78 #	80 #	80 #	84 #	*	ns
50	58	65	66	68	**	ns	77 #	75 #	76 #	76 #	ns	ns
100	51	56	60	63	***	ns	64 #	77 #	59	79 #	*	ns
200	46	54	60	61	***	ns	74 #	64 #	61	76 #	ns	***
L	***	***	***	**			**	***	***	*		
Q	ns	ns	ns	ns			*	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente. # = valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 5. Índice de iodo-amido (escala 1 a 9) de maçãs 'Fuji' na colheita (16/03 e 11/04) do pomar F no ano 2007.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Colheita 16/03						Colheita 11/04					
0	7.0	4.6	5.0	4.8	***	***	8.0 #	4.5	5.4	5.6	***	***
50	7.0	6.3	6.1	5.3	***	ns	6.9	6.7	5.8	5.8	**	ns
100	7.5	6.8 #	5.1	5.1	***	ns	8.0	5.7	5.4	6.3 #	***	***
200	7.8	5.8	4.9	5.2	***	***	8.6 #	6.7	6.0 #	5.7	***	*
L	ns	**	ns	ns			**	***	ns	ns		
Q	ns	***	ns	ns			***	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação à outra colheita, pelo teste de Fisher.

Tabela 6. Massa fresca (g) de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.

Doses de N	Doses de K				L	Doses de K				L
	0	50	100	200		0	50	100	200	
	Pomar F					Pomar M				
0	127	147	148	161	**	139	145	152	142	ns
50	124	146	169	146	ns	132	162	143	172	ns
100	90	141	158	180	***	164	181 #	177	178	ns
200	76	126	159	161	**	197 #	193 #	182	194	ns
L	***	**	ns	ns		**	***	*	***	

L = regressão linear; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 7. Firmeza (lb) de maçãs 'Fuji' (pomares F e M) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.

Doses de N	Doses de K						Doses de K						
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q	
	Pomar F						Pomar M						
Na colheita													
0	18.7	19.4 #	18.4	18.3	#	*	ns	18.7	18.2	18.5	17.1	***	ns
50	18.2	18.1	17.5	17.9	#	*	ns	18.3	17.8	18.4 #	17.2	*	ns
100	18.4 #	18.0	17.7 #	17.4	***	ns	16.7	17.8	16.8	17.7	*	ns	
200	19.6 #	18.5 #	17.6	17.3	***	*	16.6	16.2	17.1	16.9	*	ns	
L	**	***	**	***			***	***	***	ns			
Q	***	***	*	ns			ns	**	ns	ns			
Armazenagem sob AA													
0	15.6 #	16.0	14.9	14.1	***	**	14.1	16.2	15.2	15.1 #	ns	***	
50	14.0	14.6 #	13.4	13.9	#	ns	13.8	13.9	14.4 #	13.1	ns	**	
100	15.0 #	13.5	12.8	13.2	***	***	12.2	13.3	13.4	13.6	***	ns	
200	14.6 #	13.3 #	13.4 #	12.9	***	*	11.9	12.4	12.5	12.8	**	ns	
L	*	***	***	***			***	***	***	***			
Q	**	**	***	ns			ns	*	ns	*			
Armazenagem sob AC													
0	18.8 #	18.0	17.5	17.4	***	*	18.0	18.3	17.5	17.8	ns	ns	
50	17.7	18.1 #	16.2	17.3	#	**	17.3	16.7	16.6	16.3	*	ns	
100	18.3 #	17.4 #	17.1	16.9	***	ns	16.0	16.0	16.4	16.7	*	ns	
200	18.8 #	17.9 #	17.5 #	17.3 #	***	*	15.3	15.1	16.2	16.3	***	ns	
L	ns	ns	ns	ns			***	***	**	**			
Q	***	ns	***	ns			ns	ns	ns	ns			

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 8. Firmeza (lb) de maçãs 'Fuji' do pomar F na colheita (16/03 e 11/04) no ano 2007 e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Colheita 16/03						Colheita 11/04					
Na colheita												
0	18.7	17.8 #	16.9 #	17.7 #	***	**	18.4	16.4	15.4	15.9	***	***
50	18.0 #	18.5 #	17.1 #	17.5 #	**	ns	16.9	17.6	16.1	16.2	**	ns
100	18.6	18.3 #	17.9 #	17.1 #	***	ns	18.1	17.4	16.1	15.9	***	ns
200	19.9	18.5 #	18.3 #	17.9 #	***	ns	19.5	17.1	16.9	15.7	***	**
L	***	ns	***	ns			***	ns	***	ns		
Q	***	ns	ns	*			***	*	ns	ns		
Armazenagem sob AA												
0	15.4	15.4 #	13.8 #	12.8 #	***	ns	14.7	12.3	12.4	11.7	***	**
50	13.7	14.8 #	12.8	13.8 #	ns	ns	13.1	12.8	12.0	11.5	***	ns
100	14.2 #	12.9 #	12.6	13.5 #	ns	***	13.2	11.6	12.6	10.8	***	ns
200	13.8	13.0	13.3	12.1	**	ns	14.8 #	13.4	13.2	12.0	***	ns
L	***	***	ns	ns			ns	*	*	ns		
Q	*	ns	**	**			***	**	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	19.4 #	17.5 #	16.9 #	16.7 #	***	***	18.0	14.7	14.2	14.5	***	***
50	18.1 #	18.4 #	16.9 #	17.4 #	**	ns	17.2	17.4	15.4	15.2	***	ns
100	18.5 #	17.5 #	17.2 #	16.4 #	***	ns	17.8	16.7	14.2	13.6	***	ns
200	19.0	18.1 #	17.8 #	17.4 #	***	ns	18.8	17.1	16.0	14.5	***	ns
L	ns	ns	**	ns			*	***	*	ns		
Q	***	ns	ns	ns			**	***	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação à outra colheita, pelo teste de Fisher.

Tabela 9. Acidez Titulável (%) de maçãs ‘Fuji’ (pomares F e M) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
Na colheita												
0	0.271	0.335	0.348	0.411	***	ns	0.452 #	0.439 #	0.474 #	0.424	ns	ns
50	0.254	0.251	0.312	0.403	***	*	0.399 #	0.410 #	0.433 #	0.455	ns	ns
100	0.167	0.263	0.331	0.382	***	ns	0.378 #	0.423 #	0.399 #	0.412	ns	ns
200	0.168	0.227	0.298	0.366	***	ns	0.370 #	0.386 #	0.413 #	0.470 #	***	ns
L	***	***	ns	*			**	ns	*	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AA												
0	0.089	0.131	0.140	0.161	***	ns	0.192 #	0.188 #	0.183 #	0.194 #	ns	ns
50	0.085	0.084	0.124	0.152	***	ns	0.179 #	0.182 #	0.174 #	0.191 #	ns	ns
100	0.059	0.079	0.115	0.142	***	ns	0.162 #	0.181 #	0.173 #	0.175	ns	ns
200	0.055	0.068	0.094	0.130	***	ns	0.133 #	0.165 #	0.168 #	0.166 #	*	ns
L	**	***	**	*			***	ns	ns	**		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	0.170	0.210	0.271	0.312	***	ns	0.325 #	0.336 #	0.333 #	0.318	ns	ns
50	0.146	0.163	0.232	0.299	***	ns	0.303 #	0.324 #	0.318 #	0.333	*	ns
100	0.108	0.162	0.231	0.263	***	ns	0.284 #	0.296 #	0.316 #	0.315 #	*	ns
200	0.097	0.146	0.217	0.269	***	ns	0.243 #	0.301 #	0.282 #	0.338 #	**	ns
L	***	*	ns	ns			***	***	**	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 10. Sólidos Solúveis Totais (%) de maçãs 'Fuji' (pomares F e M) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Pomar F						Pomar M					
Na colheita												
0	13.5	14.0	14.3	13.7	ns	ns	13.7	13.8	13.9	13.5	ns	ns
50	13.6	13.9	13.9	14.1	ns	ns	14.0	13.6	14.1	13.7	ns	ns
100	12.5	14.4	14.0	13.7	ns	*	13.7 #	14.2	13.7	14.9	**	ns
200	12.4	14.2	14.8	14.2	**	*	13.9 #	14.3	13.7	14.1	ns	ns
L	**	ns	ns	ns			ns	**	ns	**		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	**		
Armazenagem sob AA												
0	14.0	14.6	14.1	13.8	ns	ns	13.9	14.0	14.3	13.8	ns	ns
50	13.9	14.0	14.3	13.6	ns	ns	13.8	13.7	14.1	13.8	ns	ns
100	12.5	14.5	13.6	13.5	ns	**	13.3 #	13.8	13.5	14.0	ns	ns
200	12.1	13.5	13.9	13.9	***	ns	13.4 #	13.7	13.6	13.7	ns	ns
L	***	ns	ns	ns			ns	ns	**	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	14.3	15.1	14.6	15.0	ns	ns	14.5	14.4	14.4	14.7	ns	ns
50	14.3	15.0	14.8	14.9	ns	ns	14.6	14.4	14.9	14.5	ns	ns
100	13.1	14.9	14.6	14.7	**	*	13.7	14.5	14.2	15.1	***	ns
200	12.5	14.7	15.3	14.7	***	***	14.2 #	14.2	14.9	14.5	*	ns
L	***	ns	ns	ns			**	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada e potássica alterou a qualidade e a maturação de maçãs 'Fuji Standart' na colheita e após a armazenagem. A concentração da maioria dos elementos minerais analisados, assim como as suas relações foram alteradas, dependendo do pomar e das doses aplicadas.

O índice iodo-amido dos frutos aumentou pela adubação nitrogenada e diminuiu pela adubação potássica. Aplicação de doses altas de nitrogênio reduziram a acidez, o teor de sólidos solúveis e a % de coloração vermelha na epiderme dos frutos, enquanto que doses elevadas de potássio aumentaram estes parâmetros. Adubação nitrogenada e potássica afetou negativamente a firmeza da polpa.

A suplementação de 50 a 100 kg de K foi necessária no pomar F para que os frutos atingissem tamanhos e cor próximos aos padrões mínimos de qualidade exigidos pelos consumidores. No entanto, os benefícios da adição de N sobre o tamanho, ou do K sobre a cor no pomar M, em detrimento da redução da textura, poderiam se justificar para frutos destinados a exportação ou a armazenagem curta, mas não para frutos destinados a longos períodos de armazenagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, P. R.; WILCOX, G. E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 16, n.11, p. 1153-1163, 1985.

BASSO, C.; SUZUKI, A. Resposta da macieira cv. Golden Delicious à adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 223-227, 1992.

BENDER, R. J. & EBERT, A. Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira. **Teste iodoamido**. Florianópolis, EMPASC, 1985. 6p.

COOMBE, B.G. The development of fleshy fruit. **Annual Reviews of Plant Physiology**, v. 27, p. 207-227, 1976.

DRIS, R.; NISKANEN, R.; FALLAHI, E. Relationship between leaf and fruit minerals and fruit quality attributes of apples grown under northern conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, p. 1839-1851, 1999.

ERNANI, P. R.; DIAS, J.; VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, n.1, p.33-37, 1997.

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

FALLAHI, E.; SIMONS, B. R. Rootstock, Time, Technique, and Quantity of Nitrogen Effects on Production, Mineral Nutrition, and Postharvest Quality of 'Fuji' Apple. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 4, p.787, 1995.

FALLAHI, E.; CONWAY, W. S.; HICKEY, K.D.; SAMS, C.E. The Role of Calcium and Nitrogen in Postharvest Quality and Disease Resistance of Apples. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 5, p. 831-834, 1997.

FALLAHI, E. Productivity, postharvest physiology, and soil nitrate movement as influenced by nitrogen applications to 'Delicious' apple. **Acta Horticulturae**, Hogue, v. 512, p. 149-157, 2000.

FALLAHI, E.; COLT, W. M.; BAIRD, C. R.; FALLAHI, B.; CHUN, I. J. Influence of Nitrogen and Bagging on Fruit Quality and Mineral Concentrations of BC-2 Fuji' Apple. **Horttechnology**, Alexandria, v.11, n.3, p. 462-466, 2001.

FAUST, M. Nutrition of fruit trees. In: **Physiology of Temperate Zone Fruit Trees**. New York, 1989. p. 72-97.

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

FERGUSON, I, B.; BOYD, L, M. Inorganic nutrients and fruit quality. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 17-45.

HARKER, F. R.; GUNSON, F. A.; JAEGER, S. R. The case for fruit quality: an interpretive review of consumer attitudes, and preferences for apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n.3, p. 333-347, 2003.

HARKER, F. R.; KUPFERMAN, E. M.; MARIN, A. B.; GUNSON, A.; TRIGGS, C. M. Eating quality standards for apples based on consumer preferences. **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, n. 1, p. 70-78, 2008.

HONGWEI, Z.; HUAI RUI, S.; MANRU, G. A study on nitrogen nutrition of Apple trees. **Acta Horticulturae**, Hogue, v. 274, p. 179-185, 1990.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A. ERNANI, P.R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs Fuji. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.489-496, 2003.

JAGER, A.; PUTTER, H. Preharvest factors and postharvest quality decline of apples. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 103-110, 1999.

JOHNSON, R. S. Manipulating Vegetative and Reproductive Growth with Water and Nitrogen. In: MAIB, K. **Tree Fruit Physiology: Growth & Development**. Washington: Good Fruit Grower, 1996, p. 81-87.

LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. Preharvest factors affecting storage. In: LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. **Storage technology for apples and pears**, Victoria: 2000. p. 54-110.

LURIE, S. Temperature management. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 107-121.

NAVA, Gilberto. **Nutrição e rendimento da macieira em resposta às adubações nitrogenada e potássica e ao déficit hídrico**. 2007. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NAVA, G.; DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G. R. Nitrogen and Potassium Fertilization Affect Apple Fruit Quality in Southern Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, p. 96-107, 2008.

NEILSEN, G. PARCHOMCHUK, P. MEHERIUK, M. NEILSEN, D. Development and correction of K-deficiency in drip-irrigated apple. **HortScience**, Alexandria, v. 33, n. 2, p. 258-261, 1998.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G. H.; HALL, J.W. Fruit mineral concentration and quality of 'Gala' apples as affected by rate and timing of fertigated N. **Acta Horticulturae**, Hogue, v. 512, p. 159-167, 2000.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. The effect of K-fertilization on apple fruit Ca concentration and quality. **Acta horticulturae**, Hogue, v. 721, p.177-183, 2006.

RAESE, J. T.; DRAKE S. R. Nitrogen Fertilization and Elemental Composition Affects Fruit Quality of 'Fuji' Apples. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 20, p. 1797-1809, 1997.

RAESE, J. T.; DRAKE S. R.; CURRY, E. A. Nitrogen Fertilizer Influences Fruit Quality, Soil Nutrients and Cover Crops, Leaf Color and Nitrogen Content, Biennial Bearing and Cold Hardiness of 'Golden Delicious'. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 30, p.1585-1604, 2007.

RITENOUR, M.; KHEMIRA, H. Red color development of apple: A literature review. **WSU - TFREC Postharvest Information Network**. Washington, p. 1-10, 1997.

SAMS, C. E. Preharvest factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 249-254, 1999.

SEYMOUR, G. B.; MANNING, K. Genetic control of fruit ripening. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 253-274.

SHARPLES, R.O.; Orchard and climatic factors. In: FIDLER, J. C.; WILKINSON, B. G.; EDNEY, K. L.; SHARPLES, R.O. **The biology of apple and pear storage**. Research Review no. 3, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, UK, p.173-208, 1973.

TAIZ, Z.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de R.E. Santarem. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

WARGO, J. M.; MERWIN, I. A.; WATKINS, C. B. Fruit size, yield, and market value of 'GoldRush' apple are affected by amount, timing and method of nitrogen fertilization. **HortTechnology**, Alexandria, v. 13, n.1, p.153-161, 2003.

WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E. G.
Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables.
Westport: AVI, 1981. 163p.

CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO DE DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS EM MAÇÃS 'FUJI' DURANTE A ARMAZENAGEM EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA

RESUMO

O desenvolvimento de alguns distúrbios fisiológicos durante o crescimento dos frutos e armazenagem pós-colheita tem sido relacionados à composição mineral dos frutos. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos interativos de doses de N e K e de pomar sobre a prevenção de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Fuji Standart' após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC). O experimento foi conduzido em dois pomares no município de São Joaquim – SC, e constituiu-se de uma combinação fatorial das doses de N e K (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O) aplicadas anualmente ao solo. Amostras de frutos foram colhidas em 2005 e 2006 no pomar M e em 2005, 2006 e 2007 no pomar F. A incidência e severidade dos distúrbios fisiológicos (Bitter pit, coração amarronzado, escaldadura superficial, dano por CO₂) e podridão carpelar foram determinadas para cada fruto após a armazenagem refrigerada (AA e AC) mais 7 dias a 23 °C, através da análise visual subjetiva (escala). O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 x 4 x 2 x 2 (doses de N, doses de K, pomares e armazenagem). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância (SAS Institute, Inc.). Os efeitos de doses de N e K foram analisados por contrastes ortogonais. A significância dos polinômios ortogonais foi calculada pelo teste F. Efeitos de pomar e colheita (2007) foram identificados pelo teste de Fisher ($P < 0.05$). Para homogeneização da variância, as escalas dos distúrbios foram submetidas a transformações através da fórmula $y = 1/x^2$, sendo x o valor real da escala. A combinação de altas doses de N e de K normalmente foi relacionada a maior incidência de distúrbios durante a armazenagem, tais como o bitter pit, o coração amarronzado, a escaldadura superficial, os danos por CO₂ e podridões. Os efeitos interativos de doses de K e N variaram com o pomar, o ano e a atmosfera de armazenagem. Ou seja, os efeitos negativos de altas doses de N e K sobre a incidência de bitter pit, coração amarronzado e dano por CO₂ foram mais frequentes no pomar M do que no pomar F. Ambos os pomares apresentaram variações das respostas ao K e N, isto foi presumivelmente relacionado a maior deficiência de K e ao menor teor de matéria

orgânica no solo do pomar F. Isto evidencia que as doses ideais de suplementos minerais não são comuns a pomares de diferentes regiões.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh; composição mineral; armazenagem; distúrbios fisiológicos

ABSTRACT

The development of some physiological disorders during fruit growth and postharvest storage has been related to the mineral composition of fruits. This study aimed to evaluate the interactive effects of N and K rates and orchard on the prevention of physiological disorders in 'Fuji Standart' apples after storage on air atmospheric (AA) and controlled atmosphere (CA). The experiment was conducted in two orchards in São Joaquim/SC city, and was constituted of a factorial combination of N and K rates (0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N and K₂O) applied annually to soil. The fruits samples were harvested in 2005 and 2006 in M orchard, and in 2005, 2006 and 2007 in the F orchard. The incidence and severity of physiological disorders (bitter pit, core flush, scald, CO₂ damage and moldy core) were determined for each fruit after refrigerated storage (AA and AC) plus 7 days at 23°C, through subjective visual analysis (scale). The experiment was conducted in a factorial 4 x 4 x 2 x 2 (N rates, K rates, orchards and storage). The experimental design was completely randomized with 30 repetitions. The results were submitted to analysis of variance (SAS Institute, Inc.). The effects of N and K rates were analyzed by orthogonal contrasts. The polynomial significance was calculated by the F test. The orchard and harvest effects (2007) were identified by the Fisher test (P < 0.05). The scales of disorders were transformed in the formula $y = 1/x^2$ to homogeneity the variance, been X the real of scale. The combination of high N and K rates was related with the increased of the incidence of disorders during storage, such as bitter pit, core flush, scald, CO₂ damage and decay. The interactive effects of N and K rates have changed according to the orchard, year and storage atmosphere. That means, the negative effects of high N and K rates on the incidence of, bitter pit, core flush and CO₂ damage were more frequent in the M orchard than in the F orchard. The results of N and K varied in both orchards, this was related to bigger deficiency of K and the lower organic matter content in soil of F orchard. This shows that the ideal rates of minerals supplements are not common to orchards in different regions.

Keywords: *Malus domestica* Borkh; mineral composition; storage; physiological disorders

INTRODUÇÃO

A qualidade sensorial dos frutos pode ser alterada na colheita e após a armazenagem pela disponibilidade e absorção de N e K devido a alterações positivas ou negativas na textura e no acúmulo de alguns compostos como açúcares e ácidos durante o crescimento dos frutos (KADER, 2002). O desenvolvimento de alguns distúrbios fisiológicos e de podridões durante o crescimento dos frutos e armazenagem pós-colheita tem sido relacionados à composição mineral dos frutos, especialmente à baixa concentração de Ca e alta relação K/Ca ou N/Ca (FERGUSON, VOLZ, WOLF 1999). A disponibilidade de N e/ou K em excesso pode reduzir a concentração de Ca na polpa dos frutos (BASSO, 2002; FALLAHI, et al. 2006).

A concentração mineral dos frutos está relacionada com a qualidade de armazenagem das maçãs. Sem dúvida, um alto potencial de armazenagem para certas cultivares de maçã depende de uma composição mineral satisfatória dos frutos no momento da colheita (JOHNSON, 1993). A composição mineral da polpa dos frutos está relacionada com o potencial de conservação da qualidade durante a armazenagem. Determinadas cultivares e/ou condições climáticas requerem composição mineral específica para que ocorra baixo risco de desenvolvimento de desordens fisiológicas durante a armazenagem.

Fatores como maturação dos frutos na colheita e o manejo da temperatura, do etileno e das concentrações de O₂ e CO₂ da atmosfera de armazenagem,

normalmente possuem maior impacto sobre o potencial de conservação da qualidade pós-colheita de maçãs do que a composição mineral dos frutos, exceto para o caso do bitter pit (Ferguson et al., 1999). As podridões (BLEICHER et al., 2002), o dano por CO₂ e a escaldadura superficial (ARGENTA, 2002) são os principais distúrbios que limitam o potencial de armazenagem de maçãs 'Fuji' no Brasil.

Nas últimas décadas, houve grande progresso no desenvolvimento de tecnologias de armazenagem sob atmosfera controlada e de controle da ação do etileno, permitindo aumento do potencial de conservação pós-colheita e a redução das perdas por deterioração. Porém, os avanços no entendimento dos fatores pré-colheita sobre a conservação pós-colheita têm sido insuficientes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos interativos de doses de N e K e de pomar sobre a prevenção de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Fuji Standart' após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC).

MATERIAL E MÉTODOS

Macieiras cv Fuji Standart sobre porta-enxerto Marubakaido foram plantadas em 1992 num Cambissolo (Pomar M) e em 1996 num Neossolo (Pomar F), na região de São Joaquim, SC (28° 17' 25" S, 49° 56' 56" W – altitude 1350 m). Ambos os solos se caracterizaram pela pouca profundidade e pela presença de pedras no solum, enquanto o Neossolo se caracterizou também por baixo teor de K (Tabela 1).

O sistema de plantio, em baixa densidade, a condução e o manejo das plantas dos dois pomares foram similares. As doses de N e K que compuseram os tratamentos foram as mesmas nos dois locais.

Tabela 1 – Atributos físico-químicos da camada arável dos solos nos pomares F e M em 1998, antes da aplicação dos tratamentos.

Atributo	Pomar F	Pomar M
pH (água)	6,8	6,6
P (mg dm ⁻³)	33	63
K (mg dm ⁻³)	141	258
Ca (mmol _c dm ⁻³)	89	119
Mg (mmol _c dm ⁻³)	60	64
M.O. (g dm ⁻³)	50	65
Argila (g dm ⁻³)	300	300

Fonte: (Nava, 2007)

Os tratamentos referentes a combinações de doses de N e K (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O) foram aplicados anualmente ao solo de 1998 a 2007. As doses de K foram aplicadas na forma de cloreto de potássio, em pós-colheita (abril), juntamente com a dose única geral de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo. O N, na forma de uréia, foi parcelado, aplicando-se 50% em pós-colheita (abril) e 50% no início da estação de crescimento (setembro), conforme descrito por Nava (2007). Cada tratamento foi aplicado em parcelas de cinco plantas em cada pomar, sendo avaliadas somente as três plantas úteis centrais.

Amostras de frutos foram colhidas em 2005 e 2006 no pomar M e em 2005, 2006 e 2007 no pomar F. Em cada ano, os frutos de todos os tratamentos de ambos os pomares foram colhidos no mesmo dia. O ponto de colheita foi definido com base no índice de iodo-amido dos frutos da testemunha (0/0 para N/K) para o pomar M e dos frutos do tratamento 0/100 (N/K) para o pomar F. Os frutos foram colhidos quando o índice de iodo-amido estava entre 3,5 e 6 numa escala de 1 a 9. Uma colheita adicional foi realizada em 2007, no pomar F, 26 dias após a primeira colheita.

Determinou-se a massa pesando-se os frutos em balança digital. Após a armazenagem refrigerada mais 7 dias a 23 °C, determinou-se a incidência e a severidade de distúrbios fisiológicos em cada fruto.

Os distúrbios fisiológicos e as podridões foram avaliados por análise visual subjetiva. Os frutos foram fatiados transversalmente para análise da polpa depois de serem analisados externamente. A incidência e severidade do distúrbio fisiológico 'Bitter Pit' foram estimadas dando-se notas de acordo com o número de pintas pretas na epiderme e manchas de cortiça na polpa dos frutos: 1) ausência de dano, 2) leve (< 4 pintas pretas e/ou manchas de cortiça), 3) moderada (4 a 9 pintas pretas e/ou manchas de cortiça) e 4) severa (> de 9 pintas pretas e/ou manchas de cortiça).

A incidência e a severidade do distúrbio fisiológico coração amarronzado (Core Browning), caracterizado pelo amarronzamento difuso da região dos tecidos carpelares, foram estimadas seguindo a escala: 1) ausência de dano, 2) inicial, 3) moderado e 4) severo. A 'escaldadura superficial' foi estimada dando-se notas de acordo com a área afetada por manchas de coloração marrom na película do fruto: 1) Ausência, 2) sintoma <25% da área do fruto, 3) sintoma entre 25 e 50% da área do fruto e 4) sintoma >50% da área do fruto.

Os danos por CO₂ (dióxido de carbono) foram caracterizados por manchas marrom escuras bem definidas e/ou por cavidades. A incidência e a severidade das manchas foram estimadas dando-se notas de acordo com a área afetada: 1) Ausência, 2) inicial, 3) moderado e 4) severo. A incidência e a severidade das cavidades foram estimadas dando-se notas de acordo com número de cavidades nos tecidos corticais e áreas adjacentes aos carpelos: 1) Ausência de dano, 2) inicial (< 5 cavidades), 3) moderado (5-10 cavidades) e 4) severo (\geq 10 cavidades).

A 'podridão carpelar' foi caracterizada pela podridão que normalmente se inicia na região central da polpa, nos tecidos carpelares. A incidência e a severidade foram estimadas dando-se notas de acordo com a área afetada: 1) ausência de dano, 2) apenas no carpelo, 3) inicial (lesão < 1 cm de diâmetro na polpa), 4) lesão entre 1 e 3 cm de diâmetro na polpa e 5) lesão > 3 cm de diâmetro na polpa.

Os teores de N, P, K, Ca e Mg nos frutos foram determinados conforme descrito por Adler & Wilcox (1985). Os minerais foram extraídos de uma cunha (epiderme e polpa) retirada no sentido longitudinal de cada fruto. Cunhas contendo tecidos da epiderme e polpa de cada grupo de 10 frutos foram homogeneizadas em processador e aproximadamente 5 g desse material foi submetido à digestão com H₂O₂ (3,0 ml) + H₂SO₄ (1,5 ml) a 280 °C em bloco digestor. No extrato, os teores de P foram determinados por espectrofotometria UV (método vanadato-molibdato) e K, Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica. O N foi determinado pelo método micro-kjehdahl, após a digestão de 5 g com H₂O₂ (5,0 ml) + H₂SO₄ (5,0 ml), na presença de mistura de digestão, a 380°C.

Os frutos foram armazenados sob atmosfera do ar (AA) a 0 °C por 6,5 meses e sob atmosfera controlada (AC, 1,5% de O₂ + 2,0 % de CO₂) por 7,5 meses em câmaras de armazenagem comercial de maçãs.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 x 4 x 2 x 2 correspondendo a quatro doses de N, quatro doses de K, dois pomares e dois tipos de armazenagem (sob AA e AC). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 repetições (um fruto por repetição) para análise de distúrbios fisiológicos e 3 repetições de 10 frutos para análises dos teores minerais. Os dados foram submetidos a análise de variância (SAS Institute, Inc.). Os efeitos de doses de N e K foram analisados por contrastes ortogonais. A significância dos polinômios ortogonais foi calculada pelo teste F. Efeitos de pomar e colheita (2007) foram

identificados pelo teste de Fisher ($P < 0.05$). Para homogeneização da variância, as escalas dos distúrbios foram submetidas a transformações através da fórmula $y = 1/x^2$, sendo x o valor real da escala.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos interativos de doses de N e K sobre o desenvolvimento de distúrbios após a armazenagem variaram com o pomar, ano e atmosfera de armazenagem. Bitter pit não se desenvolveu nos frutos quando as doses de N e K foram 0 e/ou 50 kg, independentemente de pomar, ano e atmosfera de armazenagem (Tabelas 2, 3 e 4). Doses de N superiores a 50 kg causaram aumento do índice de bitter pit nos pomares F e M em 2005 e no pomar F em 2007, dependendo da dose de K. Em 2007, o índice de bitter pit excepcionalmente diminuiu com o aumento da dose de N quando a dose de K foi 100 e 200 kg. Da mesma forma, doses de K superiores a 50 kg causaram aumento da incidência de bitter pit nos frutos do pomar F armazenados sob AA, em 2005 e 2007, e sob AC em 2007, dependendo da dose de N. Esse efeito do K ocorreu para o pomar M apenas em 2006, quando a dose de N foi 200 kg.

As principais causas do Bitter pit estão relacionadas principalmente a deficiência de Ca e ao desequilíbrio entre os teores de Ca, Mg, K e N (WILKINSON & FIDLER, 1973; PERRING & PEARSON, 1987; FERGUSON & WATKINS, 1989; MEHERIUK, et al 1994). No presente estudo, o aumento do índice de bitter pit causado pelo aumento da dose de K no pomar F (Tabelas 2 e 4) foi associado ao aumento significativo da relação K/Ca (Tabela 6). Da mesma forma, o aumento do índice de bitter pit causado pelo aumento da dose de N em 2005 foi associado ao aumento da relação N/Ca, observada em ambos os pomares. O maior índice de

Bitter Pit no pomar M em relação ao pomar F, em 2005, quando a dose de K foi zero e as doses de N foram 100 e 200 kg (Tabela 2), também pode ser atribuído às diferenças entre os 2 pomares quanto à relação K/Ca. No entanto, o índice de bitter pit foi maior no pomar F que no pomar M em 2005, quando a dose de K foi 200, embora ambos os pomares apresentassem semelhantes relações N/Ca e K/Ca. Isso indica que as diferenças entre pomares quanto à incidência de bitter pit não podem ser sempre explicadas apenas pelos valores absolutos dos teores minerais nem pelas relações entre eles. Nota-se, por exemplo, que o atraso da colheita e a armazenagem sob AC por si só reduziram ($P < 0.05$) o índice de bitter pit nos frutos do pomar F, em 2007.

A fertilização excessiva com N pode estimular o crescimento vegetativo e a partição de Ca para as folhas em detrimento dos frutos (FALLAHI et al., 1997; FALLAHI et al., 2006). Por isso, a eventual redução do teor de Ca e/ou o desequilíbrio entre os teores de N e Ca na polpa, devido à adubação excessiva com N, pode resultar em aumento da incidência de Bitter Pit (MOTOSUGI; GAO; SUGIURA, 1995; FALLAHI et al., 1997; RAESE; DRAKE, 1997; FALLAHI et al., 2006).

Os riscos de desenvolvimento de bitter pit aumentam com a aplicação de altas doses de K, em parte devido aos seus efeitos antagônicos sobre a absorção e transporte do Ca pela planta, os quais resultam em baixa concentração de Ca na polpa de maçãs (Tabela 5) (SHARPLES, 1973; ERNANI; DIAS; FLORE, 2002; NEILSEN & NEILSEN, 2006). Além disso, a aplicação de K pode reduzir a concentração de Ca na polpa de maçãs, em parte pelo efeito de diluição à medida que o K promove aumento do tamanho dos frutos (LITTLE & HOLMES 2000; NEILSEN & NEILSEN, 2006), conforme observado nesse estudo para o pomar F (Tabelas 3 e 7).

O distúrbio coração amarronzado (CA) não se desenvolveu nos frutos armazenados sob AC, mas nos armazenados sob AA freqüentemente aumentou com o aumento da dose de N, especialmente no pomar M em 2005 e 2006 e no pomar F em 2007 (Tabelas 8, 9 e 10). Redução da incidência de CA ocorreu excepcionalmente no pomar F em 2007 para a dose de 100 kg de N em frutos da 1ª colheita, ou para 50 kg de K em frutos da 2ª colheita.

O aumento do índice de CA em resposta ao aumento da dose de N evidencia o papel do teor do N sobre o desenvolvimento desse distúrbio. Segundo Meheriuk et

al. (1994) e Little & Holmes (2000), o risco de incidência de CA em maçãs aumenta nos pomares com excesso de N. No entanto, em 2005 e 2006, os frutos do pomar M desenvolveram mais CA que frutos do pomar F quando a dose de N foi 200 kg, embora o teor de N na polpa tenha sido semelhante ou sensivelmente inferior no pomar M em relação ao do pomar F (Tabelas 5, 8 e 9). Esse resultado indica que outros fatores de pomar e/ou aspecto fisiológico dos frutos podem contribuir sobre a susceptibilidade a esse dano, além dos valores absolutos de N na polpa.

O aumento das doses de K aplicadas no pomar F normalmente não afetou o desenvolvimento de CA em 2005 e 2006, mas o aumentou em 2007. Ao contrário, houve redução do desenvolvimento de CA devido ao aumento da dose de K no pomar M quando se aplicou 200 kg de N. Segundo Sharples (1973) e Johnson (1993), há correlação positiva entre o conteúdo de potássio na polpa e a incidência de CA em maçãs 'Cox's Orange Pippin'. Entretanto, Neilsen et al. (1998) não detectaram efeitos de doses de K sobre o desenvolvimento de CA em maçãs 'Summerland McIntosh', embora aumento da acidez titulável e a coloração vermelha.

Máximo risco de desenvolvimento de CA em maçãs Granny Smith ocorre após longos períodos de armazenagem, nos frutos colhidos em estágio avançado de maturação, embora frutos colhidos muito imaturos também possam desenvolver mais CA que frutos colhidos no ponto ideal de maturação para longos períodos de armazenagem (LITTLE E HOLMES, 2000). Frutos da 1ª colheita normalmente apresentaram maior ($P < 0.05$) índice de CA que frutos da 2ª colheita, dependendo das doses de N e K (Tabela 10). Além disso, o aumento do índice de CA devido ao aumento da dose de K foi mais freqüente nos frutos da 1ª colheita que na 2ª colheita.

O aumento da dose de N no pomar F induziu aumento do índice de escaldadura superficial de forma linear ou com máximo entre 50 e 100 kg de N, quando a dose de K foi 200 kg, independentemente do ano, atmosfera de armazenagem e ponto de colheita (Tabelas 11, 12 e 13). Entretanto, quando se aplicou a dose de 100 kg de K nesse pomar, o aumento da dose de N reduziu (em 2005), aumentou com máximo entre 50 e 100 kg de N ou não afetou (em 2006 e 2007) o desenvolvimento de escaldadura. No pomar M, o índice de escaldadura normalmente não variou com o aumento da dose de N. Nesse pomar, o índice de escaldadura foi excepcionalmente máximo para a dose de 100 kg de N, quando a dose de K foi zero (em 2005) ou 50 (em 2006).

Por outro lado, o índice de escaldadura normalmente aumentou com o aumento da dose de K no pomar F, exceto quando a dose de N foi zero em 2005 ou 50 em 2006. No pomar M, o índice de escaldadura aumentou, reduziu ou não foi afetado pelo aumento da dose de K, dependendo da dose de N e do ano.

Não foi detectado escaldadura nos frutos armazenados sob AC em 2006. Em 2005 e 2007, os índices de escaldadura dos frutos armazenados sob AC normalmente foram menores que aqueles dos frutos armazenados sob AA, especialmente quando se aplicou baixas doses de K. O desenvolvimento de escaldadura no pomar F, em 2007, foi menor nos frutos colhidos tardiamente que naqueles colhidos precocemente, independentemente da atmosfera de armazenagem ($P < 0.05$).

O desenvolvimento de escaldadura superficial resulta de um estresse oxidativo (oxidação do α -farneseno, um composto natural encontrado na epiderme) induzido pela armazenagem a 0 °C, aumenta com o tempo de armazenagem, é reduzido quando os frutos são armazenados sob atmosfera com baixo O₂ ou tratados com antioxidante difenilamina e varia em função das condições climáticas do mês que antecede a colheita, (ANET & COGGIOLA, 1974; WATKINS et al., 1995; LITTLE & HOLMES, 2000). Os teores minerais alterados na polpa também podem influenciar o desenvolvimento de escaldadura em cultivares suscetíveis, embora não sejam causa (MEHERIUK et al., 1994, SHARPLES, 1973).

Os resultados referentes ao pomar F desse estudo são, em parte, semelhantes àqueles de estudos anteriores que demonstram aumento do desenvolvimento de escaldadura com o aumento da fertilização com N (JOHNSON, 1993; RAESE & DRAKE, 1997) e K (FERGUSON, VOLZ E WOOLF, 1999; EMONGER et al., 1994).

A incidência de escaldadura pode aumentar com a deficiência de Ca (MEHERIUK et al., 1994; BASSO, 2002). Por isso, o aumento do índice de escaldadura pelo aumento das doses de K pode estar relacionado, em parte, aos seus efeitos sobre a redução do teor de Ca (Tabela 5). Por outro lado, o impacto de doses de K e N sobre o índice de escaldadura pode estar relacionado aos seus efeitos interativos sobre a maturação dos frutos. O desenvolvimento de escaldadura superficial aumenta em frutos colhidos precocemente e imaturos (LITTLE HOLMES, 2000) e é reduzido quando os frutos são tratados com inibidor da ação de etileno 1-metilciclopropeno (FAN et al., 1999). O aumento da susceptibilidade a escaldadura

em maçãs com altos teores de N foram associados à alta produção de etileno e taxa respiratória (FALLAHI, 2000; LITTLE & HOLMES, 2000).

Danos por CO₂ ocorreram apenas nos frutos armazenados sob AC e os efeitos interativos de dose de N e K sobre esses danos dependeram de pomar, ano e ponto de colheita (Tabelas 14, 15 e 16).

O aumento da dose de N causou aumento do índice de dano por CO₂, com máximo entre 100 e 200 kg de N no pomar M, especialmente quando a dose de K foi 200 kg. Aumento dos danos por CO₂ devido ao aumento da dose de N quando a dose de K foi 200 também foi observado no pomar F, especialmente nos frutos colhidos tardiamente em 2007. Ao contrário, houve redução dos índices de dano por CO₂ com o aumento da dose de N no pomar F, quando a dose de K foi 50 ou 100 em 2005 e quando a dose de K foi 0 a 100 em 2007.

O índice de dano por CO₂ normalmente não foi afetado pelo aumento da dose de K em 2005 e 2006, especialmente no pomar F. Nesses dois anos, o índice de dano por CO₂ foi excepcionalmente máximo na dose de 50 ou 200 kg de K, dependendo da dose de N. Aumento consistente dos danos por CO₂ devido ao aumento da dose de K foi observado nos frutos colhidos tardiamente em 2007 no pomar F.

Estudos com *Golden Delicious* indicaram a existência de correlação positiva entre o conteúdo de nitrogênio do fruto e o grau de dano por CO₂ durante o armazenamento (MEHERIUK et al., 1994). Lau & Looney (1978) também investigaram as diferenças do conteúdo mineral de maçãs 'Golden Delicious' e encontraram alta incidência de dano por CO₂ associada a um alto nível de nitrogênio e baixo potássio no fruto, mas não houve associação com a concentração de Ca. Resultados do presente estudo indicam que o índice de dano por CO₂ pode aumentar em resposta ao aumento de N quando há altos teores de K, mas ao contrário, altas doses de N podem diminuir os danos por CO₂ quando há deficiência de K. Em frutos colhidos tardiamente em 2007, alta incidência de dano por CO₂ foi associada ao aumento da dose de K aplicada e à redução do teor de Ca na polpa dos frutos do pomar F colhidos tardiamente em 2007.

O desenvolvimento de danos por CO₂ em frutos colhidos no pomar F foi menor que no pomar M (Tabelas 14 e 15), e maior ($P < 0.05$) na colheita tardia em relação à colheita precoce (Tabela 16), dependendo das doses de K e N. Esses

efeitos de pomar e ponto de colheita sobre os danos por CO₂ são contrários àqueles sobre o desenvolvimento de escaldadura superficial (Tabelas 11, 12 e 13).

A colheita precoce (Tabela 16) (ARGENTA et al., 2002) e o retardamento da AC após a colheita (ARGENTA et al., 2000) reduzem os riscos de dano por CO₂ em maçãs Fuji, mas aumentam os riscos de dano por escaldadura superficial (Tabela 13) (WATKINS et al., 1995). Isso evidencia a dificuldade de controle desses dois distúrbios por medidas comuns de manejo da colheita e da AC. Os resultados do presente estudo indicam que a redução da fertilização com N, quando há excesso de K na polpa, pode reduzir o risco tanto de dano por CO₂ quanto de escaldadura superficial.

No pomar F houve aumento da incidência de podridão carpelar com o aumento das doses de N e K, após armazenagem sob AA em 2005. No pomar M houve efeito quadrático significativo (AA e AC), onde a incidência de podridão carpelar foi maior nas doses de 0 e 200 Kg de K (Tabela 17).

Em 2006, no pomar F, após armazenagem sob AC, a incidência de podridão carpelar foi maior nas doses de 50 e 200 Kg de N e nas doses de 0 e 100 Kg de K; porém, em alguns casos, houve tendência em aumentar a podridão carpelar com o aumento das doses de K (Tabela 18).

No pomar F, na primeira colheita em 2007, houve efeito quadrático significativo para N e K após armazenagem sob AA (Tabela 19). A maior incidência de podridão carpelar ocorreu nas doses 50 e 100 Kg de N e na dose de 100 Kg de K. Na segunda colheita houve efeito linear significativo, com redução da podridão carpelar em consequência das altas doses de N.

Segundo Johnson, Marks e Pearson (1987), o excesso de N em maçãs pode aumentar a suscetibilidade a podridões. A aplicação excessiva de nitrogênio (BRAMLAGE; DRAKE; LORD, 1980) ou de potássio (SHARPLES, 1973; JOHNSON, 1993) em maçãs aumenta a suscetibilidade a podridões durante a armazenagem.

Aparentemente, os efeitos negativos de altas doses de N sobre a susceptibilidade a doenças estão relacionados à redução do conteúdo de Ca (TAHIR, JOHANSSON E OLSSON, 2007). Baixos teores de Ca podem reduzir a resistência da parede celular e da membrana celular ao desenvolvimento de fungos (FERGUSON & BOYD, 2002).

Tabelas:

Tabela 2. Índice de Bitter Pit (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Pomar F						Pomar M					
Armazenagem sob AA												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns
50	1.0	1.0	1.0	1.1	*	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
100	1.0	1.1	1.5	1.4	*	ns	1.4	1.0	1.1	1.1	ns	ns
200	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns	1.2	1.4 #	1.2	1.1	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	**	ns	ns		
Q	ns	ns	*	**			ns	*	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
50	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 3 . Índice de Bitter Pit (escala 1-4) em maçãs ‘Fuji’ (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
Armazenagem sob AA												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns
50	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.1	1.1	1.0	1.0	ns	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.1	1.1	*	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
50	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 4. Índice de Bitter Pit (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Colheita 16/03						Colheita 11/04					
Armazenagem sob AA												
0	1.0	1.0	1.3	1.1	ns	***	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
50	1.0	1.0	1.1	1.4 #	***	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
100	1.0	1.1	1.1	1.2	***	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
200	1.0	1.0	1.1	1.2	***	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
L	ns	ns	*	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	*			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	*	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
50	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.1	**	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.3	***	***	1.0	1.0	1.0	1.1	*	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.1	**	*	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
L	ns	ns	*	*			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	*			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação à outra colheita, pelo teste de Fisher.

Tabela 5. Teores minerais (mg Kg⁻¹) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
Nitrogênio												
0	290 #	263	254	272	ns	*	262	271	251	255	ns	ns
50	339 #	315	301	313	ns	ns	257	271	277	303	*	ns
100	412 #	390 #	349	343	***	ns	315	313	357	303	ns	ns
200	438 #	465 #	361	315	***	*	342	364	330	321	ns	ns
L	***	***	***	*			***	***	*	*		
Q	ns	ns	ns	*			ns	*	ns	ns		
Potássio												
0	784	1109	1205	1326	***	ns	1349 #	1408	1439	1429	ns	ns
50	797	832	1084	1331	***	ns	1299 #	1357 #	1473 #	1430	ns	ns
100	528	869	1118	1248	***	ns	1374 #	1360 #	1389	1427	ns	ns
200	506	698	1097	1227	***	ns	1207 #	1317 #	1313	1407	ns	ns
L	***	***	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Fósforo												
0	134	134	124	120	*	ns	142 #	139	143 #	138 #	ns	ns
50	136	121	125	127	ns	ns	141	124	134	144 #	ns	*
100	116	127	110	113	ns	ns	155 #	142	136 #	136	ns	ns
200	108	119	110	107	ns	ns	122	122	124	143 #	ns	ns
L	**	ns	*	**			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			*	ns	ns	ns		
Cálcio												
0	46	40	43	36	ns	ns	38	39	42	40	ns	ns
50	49 #	41	34	37	**	*	37	32	33	37	ns	ns
100	40	33	32	31	**	ns	34	36	34	31	ns	ns
200	42	37	37	37	ns	ns	36	36	36	41	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	**	ns			ns	ns	ns	ns		
Magnésio												
0	47	47	50	49	ns	ns	49	54	51	51	ns	ns
50	48	48	48	48	ns	ns	48	48	49	50	ns	ns
100	41	43	48	49	ns	ns	50	49	50	46	ns	ns
200	35	43	45	49	*	ns	47	51	50	50	ns	ns
L	*	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 6. Relações dos teores minerais (mg Kg^{-1}) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
Relação N/Ca												
0	7	7	6	8	ns	ns	8	7	6	7	ns	ns
50	7	8	9	9	ns	ns	7	9	10	9	ns	ns
100	11	12	11	11	ns	ns	11	10	12	10	ns	ns
200	11	13	10	9	**	ns	11	12	11	10	ns	ns
L	***	***	**	*			***	***	**	*		
Q	ns	ns	**	*			ns	ns	ns	ns		
Relação K/Ca												
0	18	28	29	38	***	ns	38 #	37 #	36	36	ns	ns
50	17	21	33	37	***	ns	37 #	46 #	50 #	41	ns	ns
100	14	27	35	40	***	ns	47 #	41 #	44	47	ns	ns
200	12	20	29	34	***	ns	36 #	40 #	40	39	ns	ns
L	*	*	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	*	ns			ns	ns	ns	ns		
K+Mg/Ca												
0	19	29	30	39	***	ns	39 #	39 #	38	37	ns	ns
50	18	22	35	38	***	ns	38 #	47 #	52 #	43	ns	ns
100	14	28	37	42	***	ns	48 #	42 #	45	48	ns	ns
200	13	21	31	35	***	ns	37 #	41 #	41	40	ns	ns
L	**	*	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	*	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 7. Massa fresca (g) de maçãs 'Fuji' dos pomares F e M.

Doses de N	Doses de K				L	Doses de K				L
	0	50	100	200		0	50	100	200	
	Pomar F					Pomar M				
0	127	147	148	161	**	139	145	152	142	ns
50	124	146	169	146	ns	132	162	143	172	ns
100	90	141	158	180	***	164	181 #	177	178	ns
200	76	126	159	161	**	197 #	193 #	182	194	ns
L	***	**	ns	ns		**	***	*	***	

L = regressão linear; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 8. Índice de Coração Amarronzado (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
0	1.0	1.0	1.1	1.1	ns	ns	1.1	1.0	1.1	1.1	ns	ns
50	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.2	1.0	1.2 #	ns	ns
100	1.1	1.0	1.1	1.1	ns	ns	1.3	1.1	1.3	1.0	ns	ns
200	1.1	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.5 #	1.4 #	1.3 #	1.1	*	ns
L	ns	ns	ns	ns			***	**	*	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 9. Índice de Coração Amarronzado (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.1	1.0	1.0	1.1	ns	*
50	1.1	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.1	1.0	1.1	ns	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns	1.1	1.1	1.1	1.0	ns	ns
200	1.1	1.1	1.4 #	1.0	ns	*	1.2	1.3 #	1.2	1.0	*	ns
L	ns	ns	***	ns			ns	***	**	ns		
Q	ns	ns	***	ns			*	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 10. Índice de Coração Amarronzado (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Colheita 16/03						Colheita 11/04					
0	1.1	1.1	1.6 #	1.5 #	***	ns	1.1	1.3 #	1.2	1.1	ns	ns
50	1.2	1.2	1.7 #	1.4	***	***	1.1	1.1	1.2	1.2	ns	ns
100	1.2	1.3 #	1.8 #	1.6	***	ns	1.1	1.1	1.3	1.5	***	ns
200	1.3 #	1.2	1.3	1.9 #	***	***	1.1	1.1	1.1	1.4	***	**
L	**	ns	*	*			ns	**	ns	*		
Q	ns	*	**	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação à outra colheita, pelo teste de Fisher.

Tabela 11. Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Pomar F						Pomar M					
Armazenagem sob AA												
0	2.1	1.8	2.4 #	1.6	ns	ns	1.8	1.5	1.4	1.3	*	ns
50	1.4	1.7	2.1 #	2.7 #	***	ns	1.7	1.6	1.5	1.9	ns	ns
100	1.2	1.4	1.7	2.3 #	***	*	2.1 #	2.0 #	1.4	1.3	***	ns
200	1.1	1.3	1.8	1.4	*	ns	1.0	1.9 #	1.6	1.6	*	**
L	***	**	*	ns			**	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	***			**	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	1.4 #	1.9 #	2.4 #	1.4 #	ns	***	1.0	1.0	1.3	1.0	ns	ns
50	1.1	1.2 #	1.9 #	2.5 #	***	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
100	1.0	1.3 #	1.5 #	1.5 #	***	ns	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns
200	1.0	1.1	1.5 #	1.6 #	***	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
L	***	***	***	ns			ns	ns	*	ns		
Q	ns	*	ns	**			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 12. Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Pomar F						Pomar M					
0	1.5	2.3 #	2.1 #	2.1 #	**	***	1.4	1.1	1.4	1.5	ns	*
50	2.1 #	2.1 #	2.1 #	2.3 #	ns	ns	1.7	1.5	1.4	1.4	*	ns
100	1.4	2.4 #	2.2 #	2.5 #	***	**	1.4	1.6	1.5	1.5	ns	ns
200	1.0	2.2 #	2.1 #	2.1 #	***	***	1.7 #	1.3	1.6	1.4	ns	ns
L	***	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	***	ns	ns	*			ns	***	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 13. Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Colheita 16/03						Colheita 11/04					
Armazenagem sob AA												
0	2.0 #	2.0 #	2.6 #	2.4 #	***	ns	1.3	1.5	1.7	1.4	ns	***
50	2.2 #	2.2 #	2.9 #	2.8 #	***	ns	1.4	1.6	1.9	1.9	***	ns
100	1.9 #	2.3 #	2.9 #	3.0 #	***	ns	1.6	1.6	1.8	1.9	**	ns
200	2.2 #	2.2 #	2.5 #	3.3 #	***	**	1.2	1.2	1.4	2.0	***	***
L	ns	ns	ns	***			ns	**	*	**		
Q	ns	ns	*	ns			***	**	**	*		
Armazenagem sob AC												
0	1.4 #	2.1 #	2.4 #	1.9 #	***	***	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
50	1.4 #	1.6 #	2.4 #	2.3 #	***	ns	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns
100	1.2 #	1.9 #	2.3 #	2.5 #	***	**	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
200	1.1 #	1.4 #	2.4 #	2.4 #	***	ns	1.0	1.0	1.1	1.1	***	ns
L	***	***	ns	***			ns	ns	ns	*		
Q	ns	ns	ns	*			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação à outra colheita, pelo teste de Fisher.

Tabela 14. Índice de Dano por CO₂ manchas e cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.

Doses de N	Doses de K						Doses de K					
	0	50	100	200	L	Q	0	50	100	200	L	Q
	Pomar F						Pomar M					
Manchas												
0	1.1	1.6 #	1.2	1.0	ns	**	1.1	1.1	1.4	1.0	ns	ns
50	1.0	1.0	1.2	1.1	ns	ns	1.2	1.2	1.2	1.2	ns	ns
100	1.0	1.0	1.1	1.1	ns	ns	1.3 #	1.2	1.5	1.4	ns	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	1.3 #	1.1	1.1	ns	ns
L	ns	***	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	***	ns	ns			ns	ns	ns	*		
Cavidades												
0	1.1	1.4	1.2	1.1	ns	*	1.4	1.3	1.3	1.2	ns	ns
50	1.0	1.0	1.1	1.1	ns	ns	1.5 #	1.2	1.5 #	1.2	ns	ns
100	1.0	1.0	1.1	1.2	*	ns	1.7 #	1.6 #	1.3	1.9 #	ns	*
200	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns	1.4 #	1.7 #	1.2 #	1.2	*	ns
L	ns	***	*	ns			ns	*	ns	ns		
Q	ns	*	ns	ns			ns	ns	ns	**		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 15. Índice de Dano por CO₂ manchas e cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
Manchas												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.2 #	1.3 #	**	ns
50	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.1	1.1	1.2	1.1	ns	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.3 #	1.3 #	1.6 #	**	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.2	1.1	1.2	1.0	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			*	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Cavidades												
0	1.1	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.1 #	1.2 #	**	ns
50	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns	1.1	1.2	1.2	1.2	ns	ns
100	1.2	1.0	1.1	1.0	ns	ns	1.1	1.2 #	1.4 #	1.3 #	*	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.6 #	1.2 #	1.3 #	1.1 #	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			***	*	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	*		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 16. Índice de Dano por CO₂ manchas e cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Colheita 16/03						Colheita 11/04					
Manchas												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.5 #	1.7 #	1.3 #	*	***
50	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns	1.0	1.0	1.4 #	1.2 #	***	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.7 #	2.2 #	***	*
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.2 #	1.3 #	***	ns
L	ns	ns	ns	ns			*	***	*	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	***	ns	*		
Cavidades												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.2 #	1.3 #	1.8 #	1.4 #	**	**
50	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.1 #	1.0	1.5 #	1.4 #	***	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.1	***	*	1.1 #	1.1 #	1.7 #	1.9 #	***	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.1 #	1.1 #	1.2 #	1.6 #	***	*
L	ns	ns	ns	ns			ns	**	**	*		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	***	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação à outra colheita, pelo teste de Fisher.

Tabela 17. Índice de Podridão Carpelar (escala 1-5) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2005.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
Armazenagem sob AA												
0	1.1	1.1	1.1	1.1	ns	ns	1.1	1.1	1.2	1.0	ns	ns
50	1.1	1.1	1.3	1.1	ns	ns	1.1	1.2	1.1	1.2	ns	ns
100	1.1	1.1	1.3 #	1.4	*	ns	1.1	1.0	1.0	1.1	ns	*
200	1.2	1.5	1.1	1.2	ns	ns	1.4	1.4	1.1	1.2	ns	ns
L	ns	*	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	*	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	1.0	1.1	1.1	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns
50	1.2	1.1	1.2	1.2	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns
100	1.2	1.2	1.2	1.1	ns	ns	1.2	1.0	1.0	1.2	ns	*
200	1.3	1.0	1.1	1.1	ns	ns	1.2	1.0	1.0	1.0	*	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 18. Índice de Podridão Carpelar (escala 1-5) em maçãs 'Fuji' (pomares F e M) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2006.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Pomar F						Pomar M					
Armazenagem sob AA												
0	1.2	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.2	1.2 #	1.5 #	1.3 #	ns	ns
50	1.0	1.0	1.1	1.1	ns	ns	1.3 #	1.3 #	1.2	1.2	ns	ns
100	1.1	1.1	1.0	1.1	ns	ns	1.4 #	1.2	1.6 #	1.2	ns	ns
200	1.1	1.1	1.2	1.1	ns	ns	1.2 #	1.3	1.6 #	1.1	ns	*
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	1.1	1.0	1.0	1.1	ns	ns	1.1	1.1	1.1	1.0	ns	ns
50	1.4 #	1.1	1.2	1.1	**	ns	1.1	1.1	1.1	1.2	ns	ns
100	1.0	1.1	1.2	1.3 #	**	ns	1.2	1.3	1.1	1.0	ns	ns
200	1.0	1.2	1.1	1.1	ns	ns	1.2	1.1	1.1	1.1	ns	ns
L	*	*	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	*	ns	*	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 19. Índice de Podridão Carpelar (escala 1-5) em maçãs 'Fuji' (pomar F, colheitas em 16/03 e 11/04) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, no ano de 2007.

Doses de N	Doses de K				L	Q	Doses de K				L	Q
	0	50	100	200			0	50	100	200		
	Colheita 16/03						Colheita 11/04					
Armazenagem sob AA												
0	1.0	1.1	1.0	1.0	ns	ns	1.1	1.1	1.0	1.1	ns	ns
50	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns	1.1	1.1	1.0	1.1	ns	ns
100	1.0	1.1	1.1	1.0	ns	*	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			**	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	**	ns			ns	ns	ns	ns		
Armazenagem sob AC												
0	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.1	1.0	1.0	1.1	ns	ns
50	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.1	1.0	1.0	1.0	ns	ns
100	1.0	1.0	1.0	1.1	ns	ns	1.0	1.0	1.1	1.0	ns	ns
200	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns	1.0	1.0	1.0	1.0	ns	ns
L	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		
Q	ns	ns	ns	ns			ns	ns	ns	ns		

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação à outra colheita, pelo teste de Fisher.

CONCLUSÃO

A combinação de altas doses de N e de K normalmente foi relacionada à maior incidência de distúrbios durante a armazenagem, tais como o bitter pit, o coração amarronzado, a escaldadura superficial, os danos por CO₂ e podridões.

Os efeitos interativos de doses de K e N não foram constantes para ambos os pomares. Ou seja, os efeitos negativos de altas doses de N e K sobre a incidência de bitter pit, coração amarronzado e dano por CO₂ foram mais freqüentes no pomar M que no pomar F.

Ambos os pomares apresentaram variações das respostas ao K e N. Isto foi presumivelmente relacionado a maior deficiência de K e ao menor teor de matéria orgânica no solo do pomar F. Isto evidencia que as doses ideais de suplementação mineral devem considerar as diferenças de disponibilidade de nutrientes no solo, bem como as características físicas do solo em cada pomar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, P. R.; WILCOX, G. E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 16, n.11, p. 1153-1163, 1985.

ANET, E.F.L.J.; COGGIOLA, I.M. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. X. Control of α -farnesene autooxidation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.25, n.3, p.293-298, 1974.

ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. Delaying Establishment of Controlled Atmosphere or CO₂ Exposure Prevents 'Fuji'Apple CO₂ Injury Without Excessive Fruit Quality Loss. **Postharvest Biology and Technology**. v.20, p.221 - 229, 2000.

ARGENTA, L. C. Fisiologia e tecnologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**: Florianópolis, 2002, p. 691-732.

ARGENTA, L. C., FAN, X., MATTHEIS, J. Responses of Fuji apples to short and long duration exposure to high CO₂ . **Postharvest Biology And Technology**, v.24, p.13 - 24, 2002.

BASSO, C. Distúrbios Fisiológicos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. p. 609- 636.

BLEICHER, J.; BERTON O.; BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. Doenças fúngicas dos frutos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da Macieira**: Florianópolis, 2002, p. 556- 566.

BRAMLAGE, W. J., DRAKE, M., LORD, W.J. The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits grown in Northern America. In:

ATKINSON, D.; JACKSON, J. E.; SHARPLES, R. O.; WALLER, W. M. **Mineral nutrition of fruit trees**, Butterworths, p. 29-39, 1980.

EMONGER, V. E., MURR, D. P., LOUGHEED, E. C. Preharvest factors that predispose apples to superficial scald. **Postharvest Biology and Technology**, v. 4, p. 289-300, 1994.

ERNANI, P. R.; DIAS, J.; FLORE, J. A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. **Commun. Soil sci. Plan Anal**, New York, v.33, p. 1291-1304, 2002.

FALLAHI, E.; CONWAY, W. S.; HICKEY, K.D.; SAMS, C.E. The Role of Calcium and Nitrogen in Postharvest Quality and Disease Resistance of Apples. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 5, p. 831-834, 1997.

FALLAHI, E. Productivity, postharvest physiology, and soil nitrate movement as influenced by nitrogen applications to 'Delicious' apple. **Acta Horticulturae**, Hogue, v. 512, p. 149-157, 2000.

FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; RETAMALES, J. B.; TABATABAEI, S. J.; VALDES, C. Prediction of apple fruit quality using preharvest mineral nutrients. **Acta horticulturae**, Hogue, v. 721, p. 259-264, 2006.

FAN, X.; MATTHEIS, J. P.; BLANKENSHIP, S. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush and greasiness is reduced by MCP. **J. Agri. Food Chem**, v. 47, p. 3063-3068, 1999.

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

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

FERGUSON, I, B.; BOYD, L, M. Inorganic nutrients and fruit quality. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 17-45.

JOHNSON, D. S.; MARKS, M. J.; PEARSON, K. Storage quality of Cox's Orange Pippin apples in relation to fruit mineral composition during development. **Journal of Horticultural Science**, v. 02, n 1, p. 17-25, 1987.

JOHNSON, D. S. Fruit mineral content and storage quality of apples. **Annual Washington tree postharvest conference**, Washington, p. 28-29, 1993.

KADER, A. A. Fruits in the global market. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 1-16.

LAU, O. L.; LOONEY, N. E. Factors Influencing CO₂- induced Peel Injury of 'Golden Delicious' Apples. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**, Alexandria, v. 103, n.6, p. 836-838, 1978.

LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. Preharvest factors affecting storage. In: LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. **Storage technology for apples and pears**, Victoria: 2000. p. 54-110.

MEHERIUK, M; PRANGE, R. K; LIDSTER, P. D; PORRITT, S.W. **Postharvest disorders of apples and pears**. Agriculture Canada Publication 1737E. Communications Branch, Agriculture Canada Ottawa, Ont. 66p, 1994.

MOTOSUGI, H.; GAO, Y-P.; SUGIURA, A. Rootstock effects on fruit quality of 'Fuji' apples grown with ammonium or nitrate nitrogen in sand culture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 61, p. 205-214, 1995.

NAVA, Gilberto. **Nutrição e rendimento da macieira em resposta às adubações nitrogenada e potássica e ao déficit hídrico**. 2007. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NEILSEN, G. PARCHOMCHUK, P. MEHERIUK, M. NEILSEN, D. Development and correction of K-deficiency in drip-irrigated apple. **HortScience**, Alexandria, v. 33, n. 2, p. 258-261, 1998.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. The effect of K-fertilization on apple fruit Ca concentration and quality. **Acta horticulturae**, Hogue, v. 721, p.177-183, 2006.

PERRING, M.A.; PEARSON, K. Redistribution of Minerals in Apple Fruit During Storage: the Effect of Storage Atmosphere on Calcium Concentration. **J. Sci. Food Agric.**, v. 40, p. 37-42, 1987.

RAESE, J. T.; DRAKE S. R. Nitrogen Fertilization and Elemental Composition Affects Fruit Quality of 'Fuji' Apples. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 20, p. 1797-1809, 1997.

SHARPLES, R.O.; Orchard and climatic factors. In: FIDLER, J. C.; WILKINSON, B. G.; EDNEY, K. L.; SHARPLES, R.O. **The biology of apple and pear storage**. Research Review no. 3, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, UK, p.173-208, 1973.

TAHIR, I. I.; JOHANSSON, E.; OLSSON, M. E. Improvement of quality and storability of apple cv. Aroma by adjustment of some pre-harvest conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 112, p. 164-171, 2007.

WATKINS, C. B.; BRAMLAGE, W. J.; CREGOE, B. A. Superficial Scald of 'Granny Smith' Apples is Expressed as a Typical Chilling Injury. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 120, p. 88 – 94, 1995.

WILKINSON, B. G.; FIDLER, J. C. Physiological disorders. In: FIDLER, J. C.; WILKINSON, B. G.; EDNEY, K. L.; SHARPLES, R.O. **The biology of apple and pear storage**. Research Review no. 3, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, UK, p. 63-116, 1973.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA QUALIDADE DE MAÇÃS 'FUJI SUPREMA' NA COLHEITA E APÓS A ARMAZENAGEM

RESUMO

A macieira necessita de um suprimento balanceado de nitrogênio e potássio para garantir o equilíbrio nutricional, a produtividade e a qualidade dos frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada e potássica sobre a conservação da qualidade pós-colheita e prevenção de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Fuji Suprema' durante a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC) para a região de Fraiburgo – SC. Os experimentos foram conduzidos em dois pomares comerciais no município de Fraiburgo – SC. Tratamentos referentes a 5 doses de nitrogênio (0, 25, 50, 100 e 150 kg de N/ha/ano) ou 5 doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 Kg de K₂O/ha/ano) foram aplicados anualmente ao solo. Amostras de frutos foram colhidas nos anos 2005 e 2006; a qualidade e maturação foram determinadas um dia após a colheita e após a armazenagem refrigerada (AA e AC) mais 7 dias a 23 °C. Determinou-se a firmeza da polpa, o índice de iodo-amido, a porcentagem de cor vermelha na superfície dos frutos, os sólidos solúveis totais (SS), a acidez titulável (AT), a composição mineral dos frutos e a incidência e severidade de distúrbios fisiológicos. Os experimentos foram, individualmente conduzidos a campo com os tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições. Para execução da análise estatística das amostras analisadas na colheita e após armazenagem o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 repetições (um fruto por repetição) para análises da cor, firmeza, iodo-amido e distúrbios fisiológicos ou 3 repetições de 10 frutos para análise estatística dos teores de SS, AT e minerais. Os dados foram submetidos a análise de variância (SAS Institute, Inc.), utilizando-se fatorial 5 X 3 quando envolvia dados das épocas colheita, após armazenagem sob AA, ou sob AC . Os efeitos de doses de N e K foram analisados por contrastes ortogonais. A significância dos polinômios ortogonais foi calculada pelo teste F. Efeitos de pomar foram identificados pelo teste de Fisher ($p < 0.05$). Para homogeneização da variância, as escalas dos distúrbios foram submetidas a transformações através da fórmula $y = 1/x^2$, sendo x o valor real da escala. A adubação nitrogenada e potássica não teve influência na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji Suprema'. Houve exceções que variaram entre pomares e anos, mas, em geral os tratamentos não apresentaram efeito significativo consistente sobre os parâmetros de qualidade avaliados e sobre a prevenção de distúrbios fisiológicos durante a armazenagem.

Palavras-chave: nitrogênio; potássio; qualidade de maçãs; armazenagem; distúrbios fisiológicos

ABSTRACT

The apple tree needs a balance amount of nitrogen and potassium to ensure nutritional balance, productivity and quality. The aim of this work was to evaluate the influence of the nitrogen and potassium fertilization on the conservation of postharvest quality and prevention of physiological disorders in 'Fuji Suprema' apples, during the storage on air atmosphere (AA) and controlled atmosphere (CA) for the region of Fraiburgo/SC. The experiments were conducted in two commercial orchards in the city mentioned. The treatments of five nitrogen rates (0, 25, 50, 100 and 150 Kg of N/ha/year) or five potassium rates (0, 50, 100, 150 and 200 Kg of K₂O/ha/year) were applied annually in the soil. Samples of fruits were harvested in 2005 and 2006. The quality and the maturation were determined one day after harvest and after refrigerated storage plus seven days at 23 °C. The firmness, the starch pater index, the percentage of red color in the skin of the fruit, the total soluble solids (SS), the acidity, the mineral composition and the incidence and severity of physiological disorders were determined. The experiments were carried out individually in the field, with the treatments arranged in randomized blocks, with four replications. In the statistical analysis the experimental design was completely randomized with 30 replications (one fruit per replication) to color, firmness, starch pater index and physiological disorders, or three replications of ten fruits for statistical analysis of SS, TA and minerals rates. The results were subjected to analysis of variance (SAS Institute, Inc.) using a factorial 5X3, when it involved data from harvest and postharvest on AA and CA. The rates effects of nitrogen and potassium were analyzed by orthogonal contrast. The significance of the polynomials was calculated by F-test. The orchard effects were identified by Fisher Test (P<0.05). The scales of disorders were transformed in the formula $y=1/x^2$, being X the real of scale. The nitrogen and potassium fertilization had no influence in the postharvest quality of 'Fuji Suprema' apples. There were exceptions between orchards and years, but, in general the treatments showed no consistent effects on the quality parameters evaluated and on the prevention of physiological disorders during storage.

Keywords: nitrogen, potassium, apples quality, storage, physiological disorders.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes mais extraídos pela macieira e são encontrados em maiores concentrações que os outros macronutrientes em maçãs. A cultura necessita de um suprimento balanceado destes nutrientes para garantir o equilíbrio nutricional da planta, a produtividade e a qualidade dos frutos.

O nitrogênio é o nutriente mineral mais importante para o crescimento e desenvolvimento de árvores frutíferas (FALLAHI, 2000). É constituinte de aminoácidos, proteínas, clorofila, nucleotídeos, ácidos nucleicos, purinas, pirimidinas, vitaminas e coenzimas (TAIZ & ZEIGER, 2004). O excesso de nitrogênio estimula o rápido crescimento vegetativo, resultando em sombreamento dos frutos, redução da produção, da coloração vermelha e da capacidade de conservação das maçãs (JOHNSON, 1996), diminuindo a qualidade dos frutos.

O potássio está presente nas plantas como cátion K^+ (TAIZ & ZEIGER, 2004) e atua no transporte de carboidratos, na síntese de proteínas, na ativação enzimática, regula a abertura e o fechamento dos estômatos e auxilia na regulação da transpiração e da fotossíntese (ROM, 1996). Em geral, a deficiência de potássio pode reduzir o tamanho dos frutos (NAVA, 2001), a coloração vermelha (NEILSEN & NEILSEN, 2006; HUNSCHE, BRACKMANN, ERNANI, 2003) e a acidez titulável (NEILSEN, et al., 1998; HUNSCHE, BRACKMANN, ERNANI, 2003).

Maçãs 'Fuji' naturalmente possuem alto teor de açúcares e perdem rapidamente a acidez durante a armazenagem (ARGENTA et al., 2000). Nesse sentido, os altos níveis de acidez associados à aplicação de altas doses de K podem ser favoráveis para que a relação açúcares/acidez seja próxima àquela desejada

pelos consumidores, especialmente após longos períodos de armazenagem. Entretanto, um aspecto indesejável do potássio em excesso é a redução da concentração de Ca no fruto (BASSO, 2002; NEILSEN & NEILSEN, 2006), o que predispõe o aparecimento de distúrbios fisiológicos.

As podridões (BLEICHER et al., 2002), o dano por CO₂ e a escaldadura superficial (ARGENTA, 2002) são os principais distúrbios que limitam o potencial de armazenagem de maçãs 'Fuji' no Brasil.

Conforme as informações dos capítulos anteriores, as adubações nitrogenada e potássica alteraram a qualidade e a maturação de maçãs 'Fuji' na colheita e após a armazenagem, para as condições de solos poucos profundos da região de São Joaquim – SC. Este experimento objetivou avaliar a influência da adubação nitrogenada e potássica sobre a conservação da qualidade pós-colheita e prevenção de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Fuji Suprema' durante a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) e atmosfera controlada (AC) para a região de Fraiburgo – SC.

MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos foram conduzidos nas estações de crescimento 2004/2005 e 2005/2006, no município de Fraiburgo – SC (27° 01' 34" S, 50° 55' 17" W – altitude de aproximadamente 1050 m), em dois pomares comerciais (Pomar F e Pomar P) cultivados em solo Latossolo Bruno. A cultivar utilizada para estes experimentos foi 'Fuji Suprema' sobre o porta-enxerto M9, num sistema de alta densidade de plantio no pomar F e baixa densidade no pomar P. O sistema de plantio, a condução e o manejo das plantas dos dois pomares foram semelhantes, exceto os tratamentos com N e K.

Os tratamentos referentes a 5 doses de nitrogênio (0, 25, 50, 100 e 150 kg de N/ha/ano) ou 5 doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 Kg de K₂O/ha/ano) foram aplicados anualmente ao solo, desde a safra 2000/01. O K como KCl e 50% do N como NH₄NO₃, juntamente com a dose única geral de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ como superfosfato triplo, foram aplicados no estágio fenológico B. Os outros 50% das doses anuais de N foram aplicados em pós-colheita (abril).

A qualidade e maturação dos frutos foram determinadas individualmente para cada fruto um dia após a colheita e após a armazenagem refrigerada mais 7 dias a 23 °C. Determinaram-se, para cada fruto a firmeza da polpa, o índice de iodo-amido, a percentagem de cor vermelha na superfície dos frutos e a incidência e severidade de distúrbios fisiológicos.

A firmeza da polpa foi medida em dois lados opostos da superfície de cada fruto, pela utilização de penetrômetro eletrônico com ponteira de 11 mm (Güss). O índice de degradação do amido, foi estimado visualmente usando uma escala de 1 a 9 (1=mínima degradação de amido, 9=máxima degradação de amido) depois de expor uma secção equatorial de cada fruto a solução de I-KI (BENDER & EBERT, 1985). Sólidos solúveis totais (SS) e acidez titulável (AT) foram determinados no suco preparado com espremedor tipo Champion (Plastaket Mfg.). Mediu-se os SS com refratômetro com compensação automática de temperatura (Atago). Determinou-se a AT por titulação de 10 mL de suco com NaOH 0,1N até pH 8,1, usando-se um titulador automático (Radiometer Analytical). A porcentagem de cor vermelha da película foi estimada visualmente em relação à superfície total do fruto.

Distúrbios fisiológicos e podridões foram avaliados por análise visual subjetiva, fatiando-se os frutos transversalmente para análise da polpa após serem analisados externamente. A incidência e severidade do distúrbio fisiológico denominado 'escaldadura superficial' foram estimadas dando-se notas de acordo com a área afetada por manchas de coloração marrom na película do fruto: 1) Ausência, 2) sintoma em <25% da área do fruto, 3) sintoma entre 25 e 50% da área do fruto e 4) sintoma em >50% da área do fruto.

Os danos por CO₂ caracterizam-se por manchas marrom escuras bem definidas e/ou por cavidades. A incidência e a severidade das manchas foram estimadas dando-se notas de acordo com a área afetada: 1) Ausência, 2) inicial, 3) moderado e 4) severo. A incidência e severidade das cavidades foram estimadas dando-se notas de acordo com número de cavidades nos tecidos corticais e áreas adjacentes aos carpelos: 1) Ausência de dano, 2) inicial (< 5 cavidades), 3) moderado (5-10 cavidades) e 4) severo (≥ 10 cavidades).

A incidência e severidade de frutos com podridão foram determinadas pela análise visual de cada fruto, dando-se notas 1 e 2 para ausência e presença de dano, respectivamente.

De cada um dos 10 frutos que compunham a amostra, retirou-se uma cunha (epiderme e polpa) no sentido longitudinal, homogeneizando-as com processador para determinação do teor dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg conforme descrito por Adler & Wilcox (1985). Pesou-se aproximadamente 5 g desse material para digestão com H₂O₂ (3,0 ml) + H₂SO₄ (1,5 ml) a 380 °C em bloco digestor. No extrato,

determinou-se P por espectrofotometria UV (método vanadato-molibdato) e K, Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica. Determinou-se N pelo método microkjehdahl, após digestão de aproximadamente 5 g com H₂O₂ (5,0 ml) + H₂SO₄ (5,0 ml) a 380°C.

Os frutos foram armazenados sob atmosfera do ar (AA) a 0,5 °C por 6 meses e sob atmosfera controlada (AC, 1,5% de O₂ + 2,0 % de CO₂) por 7 meses em câmaras de armazenagem comercial de maçãs. No ano 2006 os frutos foram armazenados por 8 meses em AC de Gala (1,7 ± 0,2% de O₂ e 1,8 ± 0,3% de CO₂) ou em AC de Fuji (1,6 ± 0,1% de O₂ e ≤ 0,6% de CO₂). Utilizou-se estas duas composições da atmosfera em 2006 para induzir o dano por CO₂, pois a condição ideal de armazenagem da 'Gala' caracteriza-se por concentração mais elevada de CO₂ do que para a 'Fuji'.

Os quatro experimentos foram individualmente conduzidos a campo, com os tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com 4 repetições. Para execução e análise estatística deste trabalho, juntaram-se os frutos do tamanho classe 135 das 4 repetições do campo e destes obteve-se ao acaso três subamostras de 30 frutos, destinadas a compor as amostras analisadas na colheita, após armazenagem sob AA ou sob AC. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 repetições (um fruto por repetição) para análises da cor, firmeza, iodo-amido e distúrbios fisiológicos ou 3 repetições de 10 frutos para análise estatística dos teores de SS, AT e minerais. Os dados foram submetidos a análise de variância (SAS Institute, Inc.), utilizando-se fatorial 5 X 3 quando envolvia dados das épocas colheita, após armazenagem sob AA, ou sob AC . Os efeitos de doses de N e K foram analisados por contrastes ortogonais. A significância dos polinômios ortogonais foi calculada pelo teste F. Efeitos de pomar foram identificados pelo teste de Fisher ($P < 0.05$). Para homogeneização da variância, as escalas dos distúrbios foram submetidas a transformações através da fórmula $y = 1/x^2$, sendo x o valor real da escala.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores Minerais

Os nutrientes podem influenciar nos atributos de qualidade dos frutos durante a armazenagem e vida de prateleira. Neste estudo, a adubação nitrogenada e potássica não afetou os teores minerais na polpa dos frutos dos pomares F e P. No entanto, houveram algumas exceções: em 2005, no pomar F, o aumento das doses de N provocou aumento no teor de Mg nos frutos (Tabela 1). No pomar P, observou-se redução da concentração de P com o incremento das doses de N, sendo o resultado similar ao encontrado por Jager & Putter (1999). Segundo Faust (1989) plantas com baixo conteúdo de N possuem altos níveis de P. Além disso, verificou-se neste pomar que os teores mais elevados de K no fruto ocorreram quando se aplicou as doses 50 e 200 Kg de K_2O . Houve aumento da relação $K+Mg/Ca$ até a dose de K 100, seguido de redução desta razão até a dose mais elevada de K (Tabela 2).

Em 2006, observou-se, aumento dos teores de N, K e Mg com o aumento das doses de N (Tabela 1) no pomar F. Verificou-se menor teor de N na dose de K 100 e a relação N/Ca aumentou com o incremento das doses de K. No pomar P houve aumento do teor de Ca e redução das relações K/Ca e $K+Mg/Ca$ com o aumento das doses de N (Tabela 1). Esse resultado evidencia a importância da relação entre os teores minerais e não apenas os valores absolutos de cada mineral na definição das medidas de suplementação mineral no solo e/ou na segregação de lotes de frutos e

definição de seu destino pós-colheita. As doses crescentes de K também aumentaram a concentração de Ca nos frutos (Tabela 2). Em geral, em ambos os anos, o pomar P apresentou valores de teores minerais mais elevados do que o pomar F.

Maturação e qualidade

O teste de iodo-amido é um método utilizado para estimar o estágio de maturação dos frutos na colheita. O índice de amido para maçãs é importante, pois é correlacionado com o potencial de conservação dos frutos, visto que no decorrer da armazenagem o amido é degradado em açúcares solúveis.

Em geral, a aplicação de nitrogênio e potássio nas macieiras não teve efeito significativo para o índice de amido (Tabela 3). Porém, houveram algumas exceções: em 2005, no pomar P, os maiores índices iodo-amido (redução do teor de amido), foram observados nas doses de K 100 e 150. Em 2006, para ambos os pomares observou-se menor índice de amido na dose de N 50, indicando maior teor de amido nos frutos. Eventualmente, o pomar P apresentou maior índice de amido ($P < 0.05$), mostrando que os frutos apresentaram-se mais imaturos na colheita do que os frutos do pomar F. Isto é explicável pelo fato de serem pomares de dois produtores e que não se fez teste prévio para determinar o ponto de colheita.

A coloração dos frutos é uma característica atrativa muito importante no mercado de maçãs. Os consumidores compram maçãs basicamente pela sua aparência. A satisfação e nova aquisição irá depender da qualidade relacionada ao sabor (KADER, 2002).

O efeito da adubação de N e K sobre a coloração vermelha da epiderme dos frutos variou entre anos e pomares (Tabela 4). Em 2005 a aplicação de doses crescentes de N teve efeito somente no pomar P, onde se observou aumento da % da cor vermelha na epiderme dos frutos com o aumento das doses de N, que por sua vez teve maçãs mais vermelhas que o pomar F ($P < 0.05$). Em geral, altos teores de N favorecem o acúmulo de clorofila e reduzem a revelação de antocianinas (FERGUSON & BOYD, 2002), porém isto não foi observado neste ano. Segundo Mattheis (1996), a alta absorção e disponibilidade de N diminuem os processos de maturação de maçãs, entre eles a síntese de antocianinas. A mudança de coloração dos frutos pode envolver associações da quebra da clorofila e da síntese e degradação de carotenóides e pigmentos fenólicos como as antocianinas (FERGUSON & BOYD, 2002).

Em 2006, no pomar F houve redução da % de coloração vermelha com o incremento das doses de N e aumento da coloração com as doses crescentes de K. Já para o pomar P, o efeito da dose de K foi inverso. Neste ano o aumento da % de coloração vermelha foi mais evidente no pomar F do que no pomar P.

Geralmente, o aumento do sombreamento em resposta à adubação nitrogenada, reduz a penetração de luz e, conseqüentemente, resulta em menor coloração vermelha do fruto (JOHNSON, 1996; RITENOUR & KHEMIRA, 1997; ERNANI, 2003). Neste estudo, a redução da coloração vermelha, quando se utilizou níveis elevados de nitrogênio, pode ter sido promovida por um possível maior vigor das macieiras.

Outras pesquisas já relataram a correlação positiva da cor vermelha da epiderme dos frutos com a adubação potássica (NEILSEN et al., 1998; NEILSEN & NEILSEN, 2006). Segundo Faust (1989), o efeito do K na coloração dos frutos é provavelmente indireto. O desenvolvimento da cor ocorre em maçãs quando quantidades suficientes de açúcares estão presentes nos frutos. É provável que a concentração insuficiente de K diminui a fotossíntese nas folhas, o qual reduz a concentração de sólidos solúveis nos frutos e também a cor vermelha da epiderme.

A firmeza da polpa é o principal indicador da qualidade das maçãs, porém não é um aspecto crítico na determinação da qualidade para a cultivar 'Fuji' (JOBILING & MCGLASSON, 1995). A adubação das macieiras com N e K não teve efeitos significativos consistentes sobre a firmeza da polpa (Tabela 5). Em 2005 após armazenagem sob AA ou AC, houve redução da firmeza com o aumento das doses de N. No pomar F observaram-se as menores firmezas nas doses de K 50 e 100, tanto na colheita como após armazenagem sob AA. A indesejável redução da firmeza resultante da fertilização nitrogenada tem sido bem documentada (NEILSEN; NEILSEN; HALL, 2000; WARGO; MERWIN; WATKINS, 2003; RAESE; DRAKE; CURRY, 2007).

Em 2006, houve aumento da firmeza da 'Fuji' com aumento das doses de N para os pomares F (AC de Gala) e P (AC de Fuji). Para o pomar F após armazenagem, houve tendência em reduzir a firmeza com o aumento das doses de K. Hunsche, Brackmann, Ernani (2003) e Neilsen & Neilsen (2006) já demonstraram que o aumento da concentração de potássio resulta na redução da firmeza de polpa de maçãs. Esta redução pode estar relacionada com o aumento simultâneo no tamanho dos frutos. Segundo Sams (1999), o tamanho dos frutos é determinado

pelo tamanho e número de células. Geralmente, os frutos maiores apresentam menor firmeza de polpa porque possuem menor percentual de seu volume ocupado com materiais da parede celular. Assim, o tecido apresenta menor densidade e conseqüentemente menor resistência à penetração do êmbolo do penetrômetro.

Para o pomar P, as maiores firmezas da 'Fuji' foram verificadas nas doses de K 100 e 150, respectivamente após armazenagem sob AC de Gala e AC de Fuji. Observou-se maior firmeza para o pomar F quando comparado com o pomar P ($P < 0.05$).

Em 2005, para o pomar F, o menor teor de AT foi encontrado na dose de N 100, após armazenagem sob AA (Tabela 6). Para ambos os pomares houve redução da AT até a dose de K 100 com subsequente aumento nas doses de K 150 e 200. Para o pomar P, na colheita, o menor valor de AT foi observado na dose de N 100. Após armazenagem sob AC houve aumento da AT até a dose de N 50, a partir desta dose observou-se redução da AT. Neilsen et al. (2000) e Raese et al. (2007) também observaram que a acidez de maçãs 'Gala' e 'Golden Delicious' reduziu com as crescentes doses de N.

A acidez é um parâmetro muito importante para a qualidade pós-colheita de maçãs, pois as características organolépticas devem ser mantidas a um nível satisfatório aos consumidores, mesmo após a armazenagem (BALDWIN, 2002).

Em 2006, houve redução da AT com o aumento das doses de N. Exceção ocorreu para maçãs 'Fuji' do pomar P, após armazenagem sob AC de Gala, onde se observou aumento da AT com aumento das doses de N. A acidez dos frutos correlacionou-se positivamente com a adubação potássica. Este resultado foi semelhante ao constatado por Neilsen et al. (1998), Neilsen & Neilsen (2006) e Hunsche et al. (2003). O ácido orgânico produzido pela macieira é o ácido málico (malato), que pode ser retranslocado para as raízes ou acumulado em outros tecidos. O acúmulo de ácidos orgânicos é freqüentemente conseqüência do transporte de K^+ para dentro do citoplasma sem o acompanhamento de ânions (FAUST, 1989). Desta maneira, a fertilização com K também resulta no aumento da acidez titulável nos frutos.

A aplicação de doses de N e K não teve efeito significativo sobre os sólidos solúveis totais, tanto na colheita como após armazenagem (Tabela 7). Exceção ocorreu em 2005, para o pomar F na colheita e para P após armazenagem sob AC, onde houve aumento dos SST com o incremento das doses de K e N. Em 2006,

para o pomar F, os maiores teores de SST foram observados nas doses de N 25 e 50 e K 50 e 100. No pomar P, a adubação potássica influenciou positivamente o teor de SST. Este resultado corroborou o encontrado por Nava et al. (2008).

Segundo Ferguson & Boyd (2002), os níveis de sólidos solúveis totais em frutos podem responder às adubações potássica e nitrogenada foliar ou de solo, embora não consistentemente. Raese & Drake (1997), Raese et al. (2007) e Amiri et al. (2008) observaram redução no teor de SST em resposta às doses mais elevadas de N, enquanto Neilsen et al. (2000) e Fallahi (2000) perceberam que as doses elevadas de N aumentaram o teor de SST e vice-versa. Por outro lado, Fallahi et al. (2001) verificaram que a aplicação de N não influenciou o teor de SST em maçãs 'Fuji'.

O fluido celular das frutas contém compostos solúveis que incluem açúcar e outros carboidratos, sais, ácidos e aminoácidos, que são conhecidos como sólidos solúveis. Este parâmetro é bem variável, principalmente por ser influenciado por fatores climáticos, podendo apresentar falhas na determinação do potencial da armazenagem em maçãs, mas por outro lado é um importante indicador na aceitação da fruta pelos consumidores (LITTLE & HOLMES, 2000).

Distúrbios Fisiológicos

A escaldadura superficial é um distúrbio progressivo e a sua incidência e severidade aumentam durante a armazenagem (LITTLE & HOLMES, 2000). Seus sintomas aparecem como áreas difusas de coloração marrom-clara na película do fruto (BASSO, 2002). Em casos severos a superfície do fruto torna-se um tanto áspera (MEHERIUK et al., 1994).

Neste trabalho, a aplicação de doses crescentes de N e K não teve efeito consistente sobre os distúrbios fisiológicos, entretanto teve tendência de reduzir a incidência de escaldadura superficial. Exceção ocorreu em 2005 no pomar P, após armazenagem sob AA, houve acréscimo da incidência de escaldadura superficial até a dose de K 100 e nas doses subseqüentes houve redução da incidência deste distúrbio (Tabela 8). Porém, segundo Kupfermann (2001), frutos com alto teor de nitrogênio e potássio e baixo conteúdo de cálcio têm grande propensão à ocorrência de escaldadura. O aumento da suscetibilidade pode ocorrer devido ao aumento da indução da respiração dos frutos (LITTLE & HOLMES, 2000).

O desenvolvimento e a severidade de escaldadura superficial em maçãs é proporcional à quantidade de antioxidante na epiderme e à oxidação de α -farneseno. A extensão do metabolismo destes componentes é também influenciada pelo clima, manejo do pomar, características da planta e nutrição antes da colheita (WILKINSON & FIDLER, 1973).

Maçãs 'Fuji' podem desenvolver injúria por CO_2 durante a armazenagem sob AC a frio (ARGENTA, FAN, MATTHEIS, 2001). Este distúrbio caracteriza-se pelo escurecimento dos tecidos corticais e áreas adjacentes aos carpelos. Os tecidos danificados são firmes e úmidos, posteriormente perdem umidade e formam-se cavidades de cor marrom, escuras e secas (WILKINSON & FIDLER, 1973). Em frutos severamente afetados, pode ocorrer lesão áspera e escura na superfície do fruto (dano externo).

Contribuem para aumentar a incidência e severidade do dano por CO_2 em maçãs fatores como maturação avançada na colheita, presença severa de pingo de mel e produção em regiões frias e altas (MEHERIUK et al., 1994; LAU, 1999; ARGENTA, FAN, MATTHEIS, 2001). Estudos com 'Golden Delicious' indicaram a existência de correlação positiva entre o conteúdo de nitrogênio do fruto e o grau de injúria por CO_2 durante o armazenamento (MEHERIUK et al., 1994).

Mesmo induzindo o dano por CO_2 na armazenagem (AC de Gala), a aplicação de N e K não teve efeito significativo sobre a incidência deste distúrbio. Apenas em 2006, no pomar P após armazenagem sob AC de Fuji, observou-se maior incidência de manchas na dose 50 Kg de N (Tabela 9), e maior incidência de cavidades quando se aplicou 100 Kg de K_2O (Tabela 10).

Além dos distúrbios fisiológicos, as podridões de frutas armazenadas constituem graves perdas e depreciação do produto, prejudicando a capacidade de conservação dos frutos e, conseqüentemente, afetando também a comercialização.

A adubação potássica e de nitrogênio não teve efeito significativo sobre a incidência de podridões (Tabela 11). Exceção ocorreu em 2005 e 2006 para o pomar P, onde o aumento das doses de K aumentou a incidência de podridão após armazenagem sob AA. Em 2006, para o pomar F, a dose de N 100 apresentou maior incidência de podridão. Os resultados obtidos por Tahir et al. (2007) mostram que o excesso da fertilização com N diminui o conteúdo de Ca e a razão Ca/K, levando a um aumento da suscetibilidade a podridões por fungos. A deficiência de Ca aumenta

a taxa respiratória e diminui a resistência da parede celular, não impedindo a ação destrutiva dos fungos nas células.

Tabelas:

Tabela 1. Teores minerais (mg Kg^{-1}) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha^{-1} de N.

Dose N	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca	K+Mg/Ca
Pomar F (2005)								
0	352,3	104,5	1068,0	44,0	29,3	8,5	24,8	25,8
25	371,8	99,3	1023,0	40,8	28,8	9,3	25,5	26,3
50	344,5	99,5	991,5	45,3	26,5	7,5	22,0	22,5
100	349,5	98,5	1041,0	44,5	34,0	8,0	23,8	24,5
150	325,8	94,8	1029,3	41,0	36,0	7,8	25,5	26,3
L	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pomar P (2005)								
0	403,0	116,5	1135,3	40,8	35,0	10,3	28,8	29,5
25	423,3	120,0 #	1125,5	36,5	32,0	12,0 #	31,8	32,5
50	423,0 #	117,5 #	1146,8 #	39,5	34,3	11,0 #	29,5 #	30,5 #
100	403,3 #	108,0	1112,8	40,3	32,5	10,5	28,3	29,3
150	405,0 #	111,0 #	1125,3 #	39,8	35,0	10,3 #	28,3	29,0
L	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pomar F (2006)								
0	332,5	93,5	1021,8	40,8	43,3	8,3 #	25,3	26,3
25	329,3	92,5	997,0	39,8	42,8	8,3	25,3	26,3
50	382,5	94,3	975,8	43,0	43,8	9,3 #	23,0	24,0
100	376,8	101,0	1059,0	41,5	47,8	9,0 #	25,5	26,5
150	401,5	99,8	1208,8	44,5	52,0	9,0 #	27,3	28,5
L	**	ns	**	ns	***	ns	ns	ns
Q	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Pomar P (2006)								
0	369,5	124,5 #	1477,3 #	54,0 #	58,5 #	6,8	27,5 #	28,5 #
25	380,8 #	122,8 #	1443,8 #	61,0 #	58,3 #	6,5	23,8	25,0
50	411,3	126,3 #	1509,8 #	65,8 #	61,0 #	6,5	23,0	24,0
100	383,5	116,3	1413,0 #	59,0 #	56,0	6,5	24,0	25,0
150	400,3	124,3 #	1460,3 #	61,5 #	54,3	6,8	24,0	25,0
L	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*
Q	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	*

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 2. Teores minerais (mg Kg^{-1}) na polpa de maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 200 Kg ha^{-1} de K_2O .

Dose K	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca	K+Mg/Ca
Pomar F (2005)								
0	338,0	98,8	1074,3	36,8	36,0	9,5	30,0	30,8
50	345,0	100,8	1101,5	43,5 #	40,3 #	7,8	25,3	26,3
100	337,0	99,3	1100,8	32,8	37,5	10,5	35,0	36,3
150	344,5	92,0	1061,8	43,3 #	39,0	8,0	24,8	25,8
200	350,5	105,0	1078,5	42,8 #	34,3	8,0	25,0	26,0
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pomar P (2005)								
0	421,0 #	112,8 #	1127,5	32,5	33,3	13,3	34,8	35,8
50	415,8 #	116,0 #	1211,5 #	32,0	33,5	13,3 #	38,0 #	39,5 #
100	423,0 #	114,0 #	1171,8 #	28,8	33,8	15,0 #	42,0	43,5
150	438,5 #	111,3 #	1183,3 #	31,5	37,0	14,3 #	38,0 #	39,0 #
200	418,8 #	109,8	1195,3 #	34,5	35,3	12,5 #	35,0 #	35,8 #
L	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Pomar F (2006)								
0	365,5	101,5	1065,0	37,0	45,8	9,8 #	28,8	30,0
50	355,0	123,8	1106,5	45,8	47,3	8,0	24,8	26,0
100	327,0	96,5	1046,8	37,3	43,8	8,8 #	28,3	29,5
150	344,0	106,5	1080,8	37,3	43,8	9,3 #	29,5	30,5
200	362,0	104,8	1109,8	34,8	44,0	10,3 #	32,5	33,5
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Pomar P (2006)								
0	378,3	129,5 #	1491,3 #	50,3 #	57,8 #	7,3	29,5	30,5
50	381,3	138,3	1663,3 #	53,0	60,5 #	7,3	31,3	32,8
100	389,8 #	128,8 #	1646,3 #	61,0 #	61,0 #	6,5	27,3	28,3
150	346,0	118,3	1603,3 #	61,0 #	57,8 #	6,0	26,5	27,5
200	362,0	123,0	1615,5 #	58,3 #	58,3 #	6,5	27,8	28,8
L	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 3. Índice de iodo-amido (escala 1 a 9) em maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005		2006	
	Pomar F	Pomar P	Pomar F	Pomar P
0	4.1	4.5	5.1	5.8 #
25	4.1	5.6 #	4.8	5.7 #
50	4.7	4.5	4.3	3.9
100	4.5	5.6	5.3	5.3
150	3.8	4.8	5.1	5.2
L	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	*	***
Dose K				
0	4.7	5.3	5.5	5.3
50	4.8	4.5	5.4	5.3
100	4.3	5.9 #	5.2	5.2
150	4.4	5.8 #	5.0	5.4
200	4.8	4.1	5.6 #	5.1
L	ns	ns	ns	ns
Q	ns	*	ns	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.
= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 4. Cor vermelha (%) da epiderme de maçãs 'Fuji' dos pomares F e P na colheita. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005		2006	
	Pomar F	Pomar P	Pomar F	Pomar P
0	79.0	91.8 #	96.3 #	75.6
25	73.5	88.5 #	94.7 #	73.0
50	76.6	90.5 #	93.2 #	74.2
100	76.3	94.5 #	92.8 #	78.0
150	72.3	95.8 #	87.0 #	79.0
L	ns	*	***	ns
Q	ns	ns	ns	ns
Dose K				
0	77.1	85.0	92.1 #	80.8
50	74.1	92.0 #	91.5 #	76.9
100	77.6	82.8	93.5 #	76.2
150	75.2	89.7 #	95.8 #	79.0
200	72.5	87.1 #	94.4 #	71.8
L	ns	ns	**	***
Q	ns	ns	ns	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.
= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher

Tabela 5. Firmeza (lb) de maçãs 'Fuji' (pomares F e P) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005					
	Pomar F			Pomar P		
	Colheita	AA	AC	Colheita	AA	AC
0	18,4 #	15,0	16,7	17,4	15,4	15,9
25	17,7 #	14,3 #	16,5 #	16,9	13,9	15,6
50	17,8	15,2 #	16,2	17,6	15,6	15,6
100	18,2	14,7 #	16,0	17,8	13,5	16,1
150	17,9 #	15,0	15,9 #	16,7	14,5	15,4
L	ns	ns	*	ns	*	ns
Q	ns	ns	ns	ns	**	ns
Dose K						
0	18,6 #	14,5	16,3	16,6	14,0	
50	17,7 #	13,9	16,0	17,0	15,4 #	
100	17,8	14,0	16,5	17,1	14,8	16,2
150	17,9	14,4 #	16,9	17,4	12,4	16,0
200	18,6 #	14,7	16,1	16,9	14,9	16,1
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	**	*	ns	ns	ns	ns
Dose N	2006					
	Colheita	AC Fuji	AC Gala	Colheita	AC Fuji	AC Gala
	0	17,4 #	17,5 #	17,2 #	15,8	14,6
25	17,3 #	17,3 #	18,0 #	15,9	14,1	14,0
50	17,4 #	17,9 #	17,8 #	15,8	14,3	14,3
100	17,3 #	17,0 #	17,7 #	15,7	14,5	14,3
150	17,5 #	17,6 #	18,0 #	15,8	15,1	14,6
L	ns	ns	*	ns	**	ns
Q	ns	ns	ns	ns	***	*
Dose K						
0	17,6 #	17,4 #	17,4 #	16,6	15,0	14,2
50	17,8 #	17,4 #	17,2 #	16,6	14,9	14,1
100	17,7 #	16,8 #	17,4 #	16,7	15,2	15,0
150	17,3 #	17,0 #	17,0 #	16,3	15,6	14,7
200	17,2	17,4 #	16,9 #	16,6	14,8	14,9
L	ns	ns	*	ns	ns	***
Q	ns	*	ns	ns	*	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 6. Acidez Titulável (%) de maçãs 'Fuji' (pomares F e P) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005					
	Pomar F			Pomar P		
	Colheita	AA	AC	Colheita	AA	AC
0	0,326	0,152	0,255	0,442 #	0,194 #	0,290
25	0,297	0,149	0,254	0,460 #	0,173	0,304 #
50	0,306	0,149	0,241	0,423 #	0,195 #	0,355 #
100	0,340	0,145	0,255	0,385	0,195 #	0,323 #
150	0,328	0,151	0,245		0,171	0,307 #
L	ns	ns	ns	*	ns	*
Q	ns	*	ns	ns	ns	***
Dose K						
0	0,397	0,203	0,231	0,413	0,170	
50	0,373	0,174	0,276	0,457 #	0,203 #	
100	0,363	0,172	0,258	0,430 #	0,223 #	0,302 #
150	0,383	0,179	0,267	0,432 #	0,184	0,314 #
200	0,393	0,183	0,260	0,472 #	0,220 #	0,333 #
L	ns	*	*	*	ns	*
Q	*	**	**	ns	ns	ns
Dose N	2006					
	Colheita	AC Fuji	AC Gala	Colheita	AC Fuji	AC Gala
0	0,399	0,274	0,272	0,419	0,269	0,252
25	0,388	0,266	0,273 #	0,412	0,260	0,244
50	0,366	0,248	0,261	0,435 #	0,256	0,254
100	0,371	0,252	0,266	0,443 #	0,244	0,257
150	0,372	0,256	0,266	0,422 #	0,236	0,263
L	*	ns	ns	ns	***	*
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dose K						
0	0,394	0,291 #	0,301 #	0,448 #	0,249	0,267
50	0,415	0,309	0,301 #	0,457 #	0,286	0,283
100	0,413	0,308	0,309 #	0,470 #	0,286	0,264
150	0,404	0,285	0,310 #	0,475 #	0,279	0,267
200	0,395	0,302	0,317 #	0,472 #	0,287	0,272
L	ns	ns	*	ns	***	ns
Q	*	ns	ns	ns	**	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 7. Sólidos Solúveis Totais (%) de maçãs 'Fuji' (pomares F e P) na colheita e após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005					
	Pomar F			Pomar P		
	Colheita	AA	AC	Colheita	AA	AC
0	15,8	16,7	16,7	16,8	17,4 #	16,9
25	16,4	16,7	17,2	17,6 #	17,2 #	17,7
50	16,2	17,0	17,2	17,4 #	17,3 #	17,8 #
100	16,3	16,6	16,8	17,5	17,5 #	18,2 #
150	16,7	16,4	16,6	17,4	17,2 #	18,4 #
L	*	ns	ns	ns	ns	***
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dose K						
0	15,8	16,6	16,2	17,0 #	17,2 #	
50	16,0	16,3	16,4	17,5 #	17,2 #	
100	15,3	15,8	15,7	17,1 #	17,3 #	17,0 #
150	16,1	16,6	16,2	17,4 #	17,1	17,5 #
200	15,2	16,0	16,4	17,2 #	17,1 #	17,8 #
L	ns	ns	ns	ns	ns	*
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dose N	2006					
	Colheita	AC Fuji	AC Gala	Colheita	AC Fuji	AC Gala
0	15,2	15,8	15,3	16,1 #	15,9	15,6 #
25	15,2	15,3	15,9	16,1 #	15,9 #	15,7
50	15,3	15,8	15,9	16,2 #	16,1 #	16,0
100	14,8	15,6	15,6	16,0 #	15,5	15,7
150	15,0	15,5	15,4	16,2 #	15,9	15,8
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	*	ns	ns	ns
Dose K						
0	14,8	15,0	14,9	16,3 #	16,3 #	15,7 #
50	15,3	15,2	15,3	16,4 #	16,1 #	15,6
100	15,1	15,4	15,3	16,2 #	16,0 #	15,8 #
150	15,0	14,7	15,2	16,4 #	15,9 #	15,7
200	14,7	15,1	15,2	16,3 #	16,1 #	16,2 #
L	ns	ns	ns	ns	ns	*
Q	*	ns	ns	ns	ns	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente ($P < 0.05$) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 8. Índice de Escaldadura Superficial (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005				2006			
	Pomar F		Pomar P		Pomar F		Pomar P	
	AA	AC	AA	AC	AC Fuji	AC Gala	AC Fuji	AC Gala
0	1,1	1,6	1,1	1,3	1,0	1,0	1,6 #	1,4 #
25	1,2	1,6 #	1,1	1,3	1,0	1,0	1,9 #	1,4 #
50	1,2	1,6 #	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1 #	1,4 #
100	1,0	1,6 #	1,0	1,1	1,0	1,0	1,5 #	1,3 #
150	1,0	1,5 #	1,1 #	1,2	1,0	1,0	1,4 #	1,3 #
L	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dose K								
0	1,4 #	1,2	1,1		1,0	1,0	1,5 #	1,3 #
50	1,7 #	1,6	1,2		1,0	1,0	1,7 #	1,2 #
100	1,4	1,6	1,4	1,5	1,0	1,0	1,8 #	1,3 #
150	1,3	1,0	1,2	1,3 #	1,0	1,0	1,1 #	1,3 #
200	1,7 #	1,0	1,1	1,3	1,1	1,0	1,6 #	1,2 #
L	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	*	*	ns	**	ns	ns	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 9. Índice de Dano por CO₂ manchas (escala 1-4) em maçãs ‘Fuji’ (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005				2006			
	Pomar F		Pomar P		Pomar F		Pomar P	
	AA	AC	AA	AC	AC Fuji	AC Gala	AC Fuji	AC Gala
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
50	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
100	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
150	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Dose K								
0	1.0	1.1	1.0		1.0	1.0	1.0	1.1
50	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0
100	1.0	1.1	1.0	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0
150	1.0	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 10. Índice de Dano por CO₂ cavidades (escala 1-4) em maçãs 'Fuji' (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005				2006			
	Pomar F		Pomar P		Pomar F		Pomar P	
	AA	AC	AA	AC	AC Fuji	AC Gala	AC Fuji	AC Gala
0	1.0	1.1	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
25	1.0	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.0	1.0	1.0
50	1.0	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.1	1.1	1.0
100	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
150	1.0	1.1	1.0	1.2	1.0	1.1	1.0	1.0
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dose K								
0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0
50	1.0	1.1	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0
100	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
150	1.0	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.1	1.0	1.0
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

Tabela 11. Índice de Podridão (escala 1-2) em maçãs 'Fuji' (pomares F e P) após a armazenagem sob atmosfera do ar (AA) ou atmosfera controlada (AC, AC gala, AC fuji) mais 7 dias de prateleira a 23 °C, nos anos 2005 e 2006. As plantas foram tratadas com 0 a 150 Kg ha⁻¹ de N ou 0 a 200 Kg ha⁻¹ de K₂O.

Dose N	2005				2006			
	Pomar F		Pomar P		Pomar F		Pomar P	
	AA	AC	AA	AC	AC Fuji	AC Gala	AC Fuji	AC Gala
0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0
25	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1
50	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1 #	1.1 #
100	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.1	1.2	1.1	1.1
150	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1
L	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dose K								
0	1.0	1.0	1.1		1.0	1.1	1.1	1.0
50	1.0	1.0	1.1		1.1	1.0	1.1	1.0
100	1.0	1.0	1.2 #	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0
150	1.0	1.0	1.3 #	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1
200	1.0	1.0	1.2 #	1.1 #	1.0	1.0	1.0	1.1 #
L	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*
Q	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

L e Q = regressão linear e quadrática; ns, *, **, e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

= valor significativamente diferente (P<0.05) em relação ao outro pomar, pelo teste de Fisher.

CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada e potássica não teve influência na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji Suprema'. Houve exceções que variaram entre pomares e anos, mas, em geral os tratamentos não apresentaram efeito significativo consistente sobre os parâmetros de qualidade avaliados e sobre a prevenção de distúrbios fisiológicos durante a armazenagem.

A aplicação de nitrogênio e potássio suplementada pela indução ao dano por CO₂ através da armazenagem sob AC de gala, não obteve resposta significativa sobre a incidência do distúrbio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, P. R.; WILCOX, G. E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 16, n.11, p. 1153-1163, 1985.

AMIRI, M. E.; FALLAHI, E.; GOLCHIN, A. Influence of Foliar and Ground Fertilization on Yield, Fruit Quality, and Soil, Leaf, and Fruit Mineral Nutrients in Apple. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 31, n. 1-3, p. 515-525, 2008.

ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. Delaying Establishment of Controlled Atmosphere or CO₂ Exposure Prevents 'Fuji'Apple CO₂ Injury Without Excessive Fruit Quality Loss. *Postharvest Biology and Technology*. v.20, p.221 - 229, 2000.

ARGENTA, L. C. Fisiologia e tecnologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**: Florianópolis, 2002, p. 691-732.

ARGENTA, L.C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. Development of internal Browning in Fuji Apples during storage. **WSU - TFREC Postharvest Information Network**. Washington, p. 1-4, 2001.

BASSO, C. Distúrbios Fisiológicos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. p. 609- 636.

BENDER, R. J. & EBERT, A. Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira. **Teste iodoamido**. Florianópolis, EMPASC, 1985. 6p.

BLEICHER, J.; BERTON O.; BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. Doenças fúngicas dos frutos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da Macieira**: Florianópolis, 2002, p. 556- 566.

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

FALLAHI, E. Productivity, postharvest physiology, and soil nitrate movement as influenced by nitrogen applications to 'Delicious' apple. **Acta Horticulturae**, Hogue, v. 512, p. 149-157, 2000.

FALLAHI, E.; COLT, W. M.; BAIRD, C. R.; FALLAHI, B.; CHUN, I. J. Influence of Nitrogen and Bagging on Fruit Quality and Mineral Concentrations of 'BC-2 Fuji' Apple. **Horttechnology**, Alexandria, v.11, n.3, p. 462-466, 2001.

FAUST, M. Nutrition of fruit trees. In: **Physiology of Temperate Zone Fruit Trees**. New York, 1989. p. 72-97.

FERGUSON, I, B.; BOYD, L, M. Inorganic nutrients and fruit quality. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 17-45.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A. ERNANI, P.R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs Fuji. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.489-496, 2003.

JAGER, A.; PUTTER, H. Preharvest factors and postharvest quality decline of apples. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 103-110, 1999.

JOBLING, J. J.; McGLASSON, W. B. A comparison of ethylene production, maturity and controlled atmosphere storage life of 'Gala', 'Fuji' and 'Lady Williams' apples (*Malus domestica* Borkh.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, p.209-218, 1995.

JOHNSON, D. S. Fruit mineral content and storage quality of apples. **Annual Washington tree postharvest conference**, Washington, p. 28-29, 1993.

JOHNSON, R. S. Manipulating Vegetative and Reproductive Growth with Water and Nitrogen. In: MAIB, K. **Tree Fruit Physiology: Growth & Development**. Washington: Good Fruit Grower, 1996, p. 81-87.

KADER, A. A. Fruits in the global market. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 1-16.

KUPFERMAN, E. Storage scald of apples. **WSU - TFREC Postharvest Information Network**. Washington, p. 1-7, 2001.

LAU, O. L. S. Factors affecting Braeburn browning disorder. **Tree Fruit Postharvest Journal**, v. 10, n. 1, p. 6-9, 1999.

LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. Preharvest factors affecting storage. In: LITTLE, C. R.; HOLMES, R. J. **Storage technology for apples and pears**, Victoria: 2000. p. 54-110.

MATTHEIS, J. Fruit maturity and ripening. In: MAIB, K. **Tree Fruit Physiology: Growth & Development**. Washington: Good Fruit Grower, 1996, p. 117-124.

MEHERIUK, M; PRANGE, R. K; LIDSTER, P. D; PORRITT, S.W. **Postharvest disorders of apples and pears**. Agriculture Canada Publication 1737E. Communications Branch, Agriculture Canada Ottawa. 67p, 1994.

NAVA, G. Descrição dos desequilíbrios nutricionais da macieira. In: IUCHI, V. L.; NAVA, G.; IUCHI, T. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira**. Florianópolis: Epagri/Jica, 2001. p.62-74.

NAVA, G.; DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G. R. Nitrogen and Potassium Fertilization Affect Apple Fruit Quality in Southern Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, p. 96-107, 2008.

NEILSEN, G. PARCHOMCHUK, P. MEHERIUK, M. NEILSEN, D. Development and correction of K-deficiency in drip-irrigated apple. **HortScience**, Alexandria, v. 33, n. 2, p. 258-261, 1998.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G. H.; HALL, J.W. Fruit mineral concentration and quality of 'Gala' apples as affected by rate and timing of fertigated N. **Acta Horticulturae**, Hogue, v. 512, p. 159-167, 2000.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. The effect of K-fertilization on apple fruit Ca concentration and quality. **Acta horticulturae**, Hogue, v. 721, p.177-183, 2006.

RAESE, J. T.; DRAKE S. R. Nitrogen Fertilization and Elemental Composition Affects Fruit Quality of 'Fuji' Apples. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 20, p. 1797-1809, 1997.

RAESE, J. T.; DRAKE S. R.; CURRY, E. A. Nitrogen Fertilizer Influences Fruit Quality, Soil Nutrients and Cover Crops, Leaf Color and Nitrogen Content, Biennial Bearing and Cold Hardiness of 'Golden Delicious'. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 30, p.1585-1604, 2007.

RITENOUR, M.; KHEMIRA, H. Red color development of apple: A literature review. **WSU - TFREC Postharvest Information Network**. Washington, p. 1-10, 1997.

ROM, C, R. Environmental Factors Regulating Growth: Light, Temperature, Water, Nutrition. In: MAIB, K. **Tree Fruit Physiology: Growth & Development**, Washington: Good Fruit Grower, 1996. 11-30.

SAMS, C. E. Preharvest factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 249-254, 1999.

TAHIR, I. I.; JOHANSSON, E.; OLSSON, M. E. Improvement of quality and storability of apple cv. Aroma by adjustment of some pre-harvest conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 112, p. 164-171, 2007.

TAIZ, Z.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de R.E. Santarem. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

WARGO, J. M.; MERWIN, I. A.; WATKINS, C. B. Fruit size, yield, and market value of 'GoldRush' apple are affected by amount, timing and method of nitrogen fertilization. **HortTechnology**, Alexandria, v. 13, n.1, p.153-161, 2003.

WILKINSON, B. G.; FIDLER, J. C. Physiological disorders. In: FIDLER, J. C.; WILKINSON, B. G.; EDNEY, K. L.; SHARPLES, R.O. **The biology of apple and pear storage**. Research Review no. 3, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, UK, p. 63-116, 1973.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentados e discutidos resultados de pesquisa obtidos nos trabalhos conduzidos com nitrogênio e potássio em macieira nos municípios de São Joaquim e Fraiburgo, Estado de Santa Catarina.

No experimento conduzido em São Joaquim, com a cultivar 'Fuji Standart', porta-enxerto vigoroso, plantadas em solos rasos e/ou pedregosos, a adubação nitrogenada e potássica alterou a qualidade e a maturação das maçãs na colheita e após a armazenagem. A combinação de altas doses de N e de K geralmente foi relacionada à maior incidência de distúrbios fisiológicos durante a armazenagem.

No experimento realizado em Fraiburgo, com a cultivar 'Fuji Suprema', porta-enxerto anão, plantadas em solos profundos, a adubação nitrogenada e potássica não teve influência na qualidade pós-colheita das maçãs.

Estes resultados evidenciam que as respostas à suplementação mineral dependem de uma combinação de fatores ligados ao clima, a planta, as características físicas do solo em cada pomar, bem como a disponibilidade de nutrientes.