

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA -  
UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS  
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**ELIS REGINA MAZZURANA**

**DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS EM FUNÇÃO  
DO MANEJO DA TEMPERATURA E DO ETILENO**

**LAGES – SC  
2013**



**ELIS REGINA MAZZURANA**

**DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS EM FUNÇÃO  
DO MANEJO DA TEMPERATURA E DO ETILENO**

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

Orientadores: Dr. Luiz Carlos Argenta  
Prof. PhD. Cassandro  
Vidal Talamini do  
Amarante

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano  
André Steffens

**LAGES – SC  
2013**



M478d Mazzurana, Elis Regina  
Deterioração pós-colheita de maçãs em função  
do manejo da temperatura e do etileno / Elis  
Regina Mazzurana. - 2013.  
69 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Luiz Carlos Argenta  
Orientador: Cassandro V. T. do Amarante  
Coorientador: Cristiano André Steffens  
Bibliografia: p. 61-69  
Dissertação (mestrado) - Universidade do  
Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ensino, Programa de  
Pós-  
Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

1. Temperatura. 2. Escurecimento interno. 3.  
Podridões. I. Mazzurana, Elis Regina. II. Argenta,  
Luiz Carlos. III. Universidade do Estado de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção  
Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/UDESC



**ELIS REGINA MAZZURANA**

**DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS EM FUNÇÃO  
DO MANEJO DA TEMPERATURA E DO ETILENO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Produção Vegetal como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

**Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_  
Dr. Luiz Carlos Argenta  
EPAGRI/Caçador

Orientador: \_\_\_\_\_  
Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante  
CAV/UDESC

Coorientador: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cristiano André Steffens  
CAV/UDESC

Lages, 02 de agosto de 2013.





Dedico este trabalho às pessoas que sempre estiveram ao meu lado pelos caminhos da vida, me acompanhando, apoiando e principalmente acreditando em mim: meus pais Wilson e Vilma, a você Everton, companheiro no amor, na vida e nos sonhos, que sempre me apoiou nas horas difíceis e compartilhou comigo as alegrias.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela grandeza dos dons recebidos.

Aos meus pais, que sempre me deram força e incentivaram a ir mais longe, apesar das dificuldades.

À minha irmã, pela amizade e colaboração.

Ao meu namorado Everton, por entender sempre com tanto carinho e paciência os momentos de ausência e estresse.

Ao pesquisador Dr. Luiz Carlos Argenta, que dedicou muito do seu tempo me orientando. Obrigada pelos ensinamentos, atenção e dedicação ao longo deste período.

Ao orientador Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante, e ao coorientador Prof. Dr. Cristiano André Steffens, pelo apoio, sugestões e conhecimentos transmitidos.

Aos meus colegas do CEJA de Caçador, pelas inúmeras vezes que realizaram meu trabalho nos momentos de ausência em função do Mestrado. Alisson, Dani, Fran, Sayo e Zita, muito obrigada!

À equipe do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Epagri: Andreia, Cleiton, Karyne e Sandra, agradeço pelo auxílio e dedicação em todos os momentos. Em especial Andreia, minha companheira de viagens e amiga, que sempre dedicou um pouco do seu tempo para me auxiliar.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para a concretização deste trabalho.



“Somos todos visitantes deste tempo,  
deste lugar. Estamos só de passagem.  
O nosso objetivo é observar, crescer,  
amar... E depois vamos para casa”.

Provérbio aborígine



## RESUMO

MAZZURANA, Elis Regina. Deterioração pós-colheita de maçãs em função do manejo da temperatura e do etileno. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

O armazenamento refrigerado pode induzir o desenvolvimento de danos por frio em maçãs de algumas cultivares, mesmo quando mantidas em temperatura superior ao ponto de congelamento. O presente estudo avaliou o aumento da temperatura de armazenagem de maçãs clones de 'Gala' sob atmosfera controlada (AC), como método para redução do desenvolvimento de escurecimento da polpa e do consumo de energia para refrigeração. Experimentos foram conduzidos em 2011, com maçãs produzidas nas regiões de Fraiburgo e de São Joaquim, SC, colhidas em dois estádios de maturação. Maçãs colhidas em Fraiburgo foram armazenadas em câmaras experimentais de 0,150 m<sup>3</sup>, a -0,3 e 1,2 °C, e em câmaras comerciais de 2050 m<sup>3</sup>, a 0,7 e 2 °C, enquanto maçãs colhidas em São Joaquim foram armazenadas em câmaras comerciais de 578 m<sup>3</sup>, a 0,8, 1,4 e 1,9 °C. Frutos de todos os tratamentos foram mantidos sob AC com regimes de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> de 1,8±0,2 kPa e 2,0±0,2 kPa, respectivamente. Metade dos frutos de cada tratamento de temperatura foi tratada com o inibidor da ação do etileno, 1-metilciclopropeno (1-MCP). Os frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa, o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT) e a incidência dos distúrbios escurecimento da polpa e rachaduras, e de podridões. Os tratamentos de temperatura de armazenagem não influenciaram significativamente os teores de SS e a AT, em todos os experimentos. Frequentemente, maçãs armazenadas em temperaturas mais elevadas mantiveram melhor a firmeza da polpa. O tratamento 1-MCP aumentou a conservação da firmeza da polpa das maçãs, independentemente da temperatura de armazenagem. O desenvolvimento de podridões não foi afetado





pela temperatura de armazenagem em maçãs de Fraiburgo armazenadas em câmaras comerciais, independentemente do tratamento com 1-MCP. No entanto, maçãs de São Joaquim, não tratadas com 1-MCP, foram menos afetadas por podridões quando mantidas na temperatura mais alta. O aumento da temperatura de armazenagem reduziu consistentemente a incidência de maçãs 'Gala' afetadas pelos distúrbios escurecimento da polpa e rachaduras. A incidência de escurecimento da polpa foi menor nas maçãs armazenadas em temperaturas mais elevadas e tratadas com 1-MCP. Os resultados desse estudo mostram que o aumento da temperatura de armazenagem em 1,3 °C pode resultar em economia no consumo de energia em aproximadamente 21% para ventilação e 50% para refrigeração.

**Palavras-chave:** temperatura, escurecimento interno, podridões.



## ABSTRACT

MAZZURANA, Elis Regina. Postharvest deterioration of apples as a function of temperature and ethylene management. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

Cold storage can induce the development of chilling injury in fruit of some apple cultivars, even when kept at temperatures above the freezing point. This study evaluated the increment of storage temperature for 'Gala' mutation apples under controlled atmosphere (CA), as a method to reduce the development of internal browning, as well as the energy consumption for cooling. Experiments were conducted in 2011, with apples produced in Fraiburgo and São Joaquim, SC, and harvested at two maturity stages. Apples harvest in Fraiburgo were stored in experimental chambers of 0.150 m<sup>3</sup>, at -0.3 and 1.2 °C, and in commercial cold stores of 2050 m<sup>3</sup>, at 0.7 and 2 °C, while apples harvested in São Joaquim were stored in commercial cold stores of 578 m<sup>3</sup>, at 0.8, 1.4 and 1.9 °C. Fruits from all treatments were kept under CA condition, with O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressures of 1.8 ± 0.2 kPa and 2.0 ± 0.2 kPa, respectively. Half of the fruit of each temperature treatment was exposed to the ethylene action inhibitor, 1-methylcyclopropene (1-MCP). Fruit were assessed in terms of firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA) and the incidence of internal browning and skin cracking disorders, and of decay. Temperature treatments did not affect SSC and AT in all experiments. In most cases, apple stored at higher temperature kept better firmness. 1-MCP treatment increased the retention of fruit firmness, regardless of storage temperature. For apples produced in Fraiburgo, the development of decay was not affected by storage temperature in commercial cold storage, regardless of 1-MCP treatment. However, apples from São Joaquim not treated with 1-MCP were less affected by decay when stored at higher temperature. The increase of storage temperature reduced consistently the incidence of internal



browning and skin cracking disorders in 'Gala' apples. The lowest incidence of internal browning was observed in apples stored at higher temperatures and treated with 1-MCP. The results of this study show that the increase of storage temperature by 1.3 °C can result in energy saving by about 21% for ventilation, and by 50% for cooling.

**Keywords:** temperature, internal browning, decay.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e índice de amido em maçãs ‘Royal Gala’ colhidas 124 e 140 dias após a plena floração (DAPF), em pomar de Fraiburgo, e analisadas um dia após a colheita. .... 35

Tabela 2 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e teor de sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Royal Gala’ após 210 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de -0,3 e 1,2°C, mais sete (em frutos colhidos aos 124 DAPF) ou três (em frutos colhidos aos 140 DAPF) dias sob atmosfera do ar a 23°C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara experimental de 0,150 m<sup>3</sup>. .... 36

Tabela 3 – Percentagem de maçãs ‘Royal Gala’ afetadas por podridões, escurecimento interno e rachadura em maçãs ‘Royal Gala’ após 210 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de -0,3 e 1,2 °C mais sete (124 DAPF) ou três (140 DAPF) dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara experimental de 0,150 m<sup>3</sup>. .... 38

Tabela 4 – Firmeza da polpa e índice de amido em maçãs ‘Galaxy’, um dia após a colheita. Frutos colhidos em Fraiburgo, SC, 134 a 140 dias após a plena floração, e analisadas um dia após a colheita. .... 39

Tabela 5 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Galaxy’ colhidas em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), e armazenados sob atmosfera controlada, em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>, durante 200 dias, nas temperaturas de 0,7 e 2,0 °C, seguido de dois dias sob atmosfera do ar a 23°C. .... 39

Tabela 6 – Percentagem de podridões, escurecimento interno e rachadura em maçãs ‘Galaxy’ após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C mais





dois dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>. ..... 41

Tabela 7 – Perda de massa em maçãs ‘Galaxy’ após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C mais dois dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup> ..... 42

Tabela 8 – Economia de energia em câmaras de armazenagem após 195 dias de armazenagem sob atmosfera controlada nas temperaturas de 0,7 e 2,0 °C. .... 43

Tabela 9 – Firmeza da polpa e índice de amido em maçãs ‘MaxiGala’, um dia após a colheita. Frutos colhidos em Fraiburgo, SC, 132 dias após a plena floração, e analisados um dia após a colheita. .... 44

Tabela 10 – Incidência de maçãs ‘MaxiGala’ com sintomas de podridões e senescência, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C, mais um dia sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>. .... 44

Tabela 11 – Firmeza da polpa e percentagem de escurecimento interno em maçãs ‘MaxiGala’, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C, mais dois dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>. .... 45

Tabela 12 – Firmeza da polpa e índice de amido em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’, um dia após a colheita. Frutos colhidos em São Joaquim-SC. .... 45



Tabela 13 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e teores de sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup> ..... 46

Tabela 14 – Percentagem de maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ com podridões e escurecimento interno, após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup> ..... 47

Tabela 15 – Produção de etileno e taxa respiratória em maçãs ‘Gala’, após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup> ..... 49

Tabela 16 – Concentração de etileno na atmosfera das câmaras comerciais, após 230 dias de armazenagem. .... 49

Tabela 17 – Perda de massa em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’, após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup> ..... 50

Tabela 18 – Incidência de maçãs ‘Gala’ com sintomas de podridões, senescência e danos por deficiência de cálcio (Ca), após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais um dia sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup> ..... 51



Tabela 19 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Gala’, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>. ..... 51

Tabela 20 – Percentagem de maçãs ‘Gala’ com podridões e escurecimento interno, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>. ..... 52



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
μmol	Micromol
1-MCP	1-metilciclopropeno
AA	Atmosfera do ar
AC	Atmosfera controlada
AT	Acidez titulável
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CV	Coefficiente de variação
DAPF	Dias após a plena floração
g	Gramma
h	Hora
i.a.	Ingrediente ativo
kg	Quilograma
kPa:	Quilo Pascal
KWH	Quilowatt-hora
L	Litro





m	Metro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
N	Newton (unidade de firmeza de polpa)
N	Normal (concentração de solução química)
NaOH	Hidróxido de sódio
O <sub>2</sub>	Oxigênio
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
SC	Santa Catarina
SS	Sólidos Solúveis
UR	Umidade relativa do ar



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
2.1 EXPERIMENTOS .....	25
2.1.1 Experimento 1: Qualidade de maçãs de Fraiburgo, armazenadas em câmaras experimentais .....	25
2.1.2 Experimento 2: Qualidade de maçãs de Fraiburgo, armazenadas em câmaras comerciais .....	26
2.1.3 Experimento 3: Efeitos da temperatura sobre o rendimento de empacotamento de maçãs de Fraiburgo, armazenadas em câmaras comerciais.....	27
2.1.4 Experimento 4: Efeitos da temperatura sobre a conservação da qualidade de maçãs de São Joaquim, armazenadas em câmaras comerciais .....	28
2.1.5 Experimento 5: Efeitos da temperatura sobre o rendimento de empacotamento de maçãs de São Joaquim, armazenadas em câmaras comerciais.....	30
2.2 APLICAÇÃO DO 1-MCP .....	31
2.2.1 Aplicação em câmara experimental .....	31
2.2.2 Aplicação em câmaras comerciais.....	31
2.3 MEDIDAS DE QUALIDADE DOS FRUTOS, RESPIRAÇÃO E PRODUÇÃO DE ETILENO .....	32
2.4 CONSUMO DE ENERGIA .....	34
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>



3.1 EXPERIMENTO 1: QUALIDADE DE MAÇÃS DE FRAIBURGO, ARMAZENADAS EM CÂMARAS EXPERIMENTAIS .....	35
3.2 EXPERIMENTO 2: QUALIDADE DE MAÇÃS DE FRAIBURGO, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS	39
3.3 EXPERIMENTO 3: RENDIMENTO DE EMPACOTAMENTO DE MAÇÃS DE FRAIBURGO, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS.....	43
3.4 EXPERIMENTO 4: QUALIDADE DE MAÇÃS DE SÃO JOAQUIM, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS.....	45
3.5 EXPERIMENTO 5: RENDIMENTO DE EMPACOTAMENTO DE MAÇÃS DE SÃO JOAQUIM, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS.....	50
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus domestica* Borkhausen) é a espécie de clima temperado mais cultivada na região Sul do Brasil (MIQUELOTO et al., 2011). A cultivar Gala e seus clones representam, aproximadamente, 60% da produção brasileira de maçãs, estimada em 1,28 milhões de toneladas em 2010 (FAOSTAT, 2012). A maior parte dessa produção é destinada à armazenagem, permitindo sua comercialização durante longos períodos após a colheita (ARGENTA, 2002).

A redução da temperatura é a ferramenta mais efetiva para estender a vida pós-colheita de frutas (KADER, 2002; KNEE, 2000; STREIF et al., 2010). A redução da temperatura reduz a velocidade das reações bioquímicas associadas a maturação e senescência no fruto, incluindo a respiração e a produção de etileno, o que permite prolongar o potencial de armazenagem após a colheita (WATKINS, 2003). Adicionalmente, a refrigeração reduz o desenvolvimento de fungos patogênicos e a consequente deterioração dos frutos após a colheita (SHOLBERG; CONWAY, 2004). Entretanto, algumas espécies de frutas são sensíveis ao frio, dentre elas, algumas cultivares de maçã, podendo desenvolver “danos por frio”, que podem ser expressos por diferentes sintomas, incluindo escurecimento da epiderme (‘soft scald’), polpa farinácea e/ou escurecida (‘low-temperature breakdown’), coração amarronzado (‘brown core’) e escurecimento do córtex (‘internal browning’) (WANG, 2004; WATKINS, 2003).

De maneira geral, maçãs apresentam baixa sensibilidade a danos por frio em relação a frutas de outras espécies tais como pêsego, caqui, e frutas de clima tropical (LURIE; CRISOSTO, 2005; WANG, 2004). Temperaturas de armazenagem entre 0 e 1 °C tem sido recomendadas como ideais para a maioria das cultivares de maçãs incluindo ‘Gala’, ‘Golden Delicious’, ‘Red Delicious’ e ‘Fuji’ (LITTLE; HOLMES, 2000; WATKINS; KUPFERMAN; ROSENBERGER, 2004). Entretanto, algumas cultivares de maçãs como ‘Cox’s Orange Pippin’, ‘McIntosh’, ‘Corthand’, ‘Empire’, ‘Idared’ podem desenvolver sintomas de danos por frio quando armazenadas sob temperaturas próximas a 0 °C (ARGENTA, 2002; MEHERIUK et al., 1994; WATKINS; KUPFERMAN; ROSENBERGER, 2004).

O dano por frio ocorre após um período prolongado de exposição ao frio, onde ocorre perda da integridade da membrana, vazamento de solutos e desorganização da estrutura celular (LYONS, 1973; LURIE; CRISOSTO, 2005; WANG, 2004). Em maçãs, a área afetada por dano por frio é frequentemente bem definida, geralmente mais úmida que seca e farinácea, sendo que nos estágios iniciais o dano é separado da epiderme por uma área de tecido saudável (MEHERIUK et al., 1994).

Maçãs da cultivar 'McIntosh' podem desenvolver 'core browning', 'soft scald' e 'internal browning' como sintomas de danos por frio quando mantidas em temperatura abaixo de 3 °C (MEHERIUK et al., 1994; WATKINS; KUPFERMAN; ROSENBERGER, 2004). O dano por frio em maçãs 'McIntosh' é máximo quando armazenadas próximo a 0 °C (LIDSTER, 1982). Na cultivar 'Granny Smith' o dano por frio é expresso por amarronzamento dos tecidos carpelares ('core browning' ou 'core flush') (LITTLE; HOLMES, 2000; MEHERIUK et al., 1994), enquanto na cultivar 'Empire' o dano por frio é expresso como 'flesh browning' e/ou 'core browning' (JUNG; WATKINS, 2011; WATKINS; LIU, 2010). Maçãs 'Empire' devem ser armazenadas nas temperaturas de 2 a 4 °C para evitar o desenvolvimento de dano por frio (JUNG; WATKINS, 2011), sendo que o tratamento com 1-MCP pode incrementar a expressão de dano por frio nessa cultivar quando armazenadas na temperatura de 3 °C (WATKINS, 2008). Em maçãs da cultivar 'Pink Lady' o dano por frio é expresso como 'flesh browning' (JAMES et al., 2005).

As maiores perdas da produção de maçãs após a colheita são causadas por distúrbios fisiológicos e pelo desenvolvimento de fungos, como *Penicillium expansum* e *Botrytis cinerea*, mesmo em baixas temperaturas de armazenagem (DURONOVA et al., 2012; WATKINS; KUPFERMAN; ROSENBERGER, 2004). A incidência de podridões por fungos patogênicos durante a armazenagem refrigerada pode estar relacionada a alta umidade relativa (UR) (SCHWARZ, 1994). Baixa UR pode inibir a germinação de esporos de fungos reduzindo as perdas pós-colheita por ataque de fungos patógenos (SPOTTS; PETERS, 1981). A armazenagem sob atmosfera controlada (AC) pode inibir o desenvolvimento de fungos patogênicos em frutos (KADER, 1986). Por isso, a associação de baixa temperatura e AC é a



melhor estratégia para se reduzir o risco de desenvolvimento de podridões em maçãs (BRACKMANN; ARGENTA; MAZARO, 1996; LOCKHARDT, 1967; SHOLBERG; CONWAY, 2004).

Os impactos da temperatura de armazenagem sobre a conservação pós-colheita de várias cultivares de maçãs têm sido estudados há décadas, em diferentes continentes (KNEE, 2000; LITTLE; HOLMES, 2000). Ótimas condições de armazenagem devem maximizar o período de armazenagem dos frutos, devendo ser redefinidas aquelas condições que resultam em preservação da qualidade enquanto reduzem os gastos com energia. Embora a refrigeração de maçãs tenha papel fundamental na conservação da qualidade e prevenção de perdas da produção por deterioração, ela contribui significativamente para os custos da produção (BROWN, 2011). Os custos para refrigeração de maçãs representam 15-20% do custo de produção (ABANORTE, 2011). Adicionalmente, a refrigeração resulta em aumento da emissão de carbono quando não se aplica fontes renováveis de energia (LIU et al., 2010).

As tecnologias de AC e de inibição da ação do etileno, complementares a refrigeração, foram aprimoradas e introduzidas, respectivamente, nas últimas décadas permitindo significativo aumento do potencial de conservação da qualidade dos frutos após a colheita (BLANKENSHIP; DOLE, 2003; PRANGE et al., 2005).

A AC é o sistema de armazenamento predominante para a conservação de maçãs (KUPFERMAN, 2003). O objetivo da armazenagem em AC é reduzir a respiração (a níveis que não induzam a fermentação), a produção e ação do etileno e a manutenção da qualidade do fruto (WATKINS, 2003), contribuindo na conservação das características físico-químicas dos frutos (KE; RODRIGUEZ-SINOBAS; KADER, 1991).

A tecnologia AC pode proporcionar um adicional de até 50% no tempo de armazenagem e tornar possível comercializar algumas cultivares de maçãs 9 a 12 meses após a colheita (WILLS et al., 1981). Os regimes ideais de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> sob AC são específicos para cada cultivar, e podem variar com a temperatura de armazenagem (THOMPSON, 2010). A interação do aumento da temperatura de armazenagem e utilização de AC na armazenagem de frutos pode ser positiva, pois o efeito negativo

do aumento da temperatura sobre a conservação da qualidade dos frutos pode ser anulado pelo efeito positivo da AC.

A tecnologia de inibição do etileno pelo 1-MCP vem sendo cada vez mais usada para armazenagem comercial de maçãs, por oferecer uma gama de benefícios (BLANKENSHIP; DOLE, 2003; MATTHEIS, 2008; McCORMICK; NEUWALD; STREIF, 2010), como controle do amadurecimento dos frutos e da qualidade sensorial (McCORMICK; NEUWALD; STREIF, 2010), bem como contribuindo na redução de distúrbios fisiológicos que se desenvolvem durante o período de armazenagem refrigerada (DeLONG; PRANGE; HARRISON, 2004; MORAN; McMANUS, 2005; WATKINS, 2007; WATKINS; MILLER, 2005).

O 1-MCP inibe a ação do etileno, impedindo respostas dependentes de etileno, tais como amadurecimento e senescência de frutos (MINAS et al., 2013), podendo também anular o efeito negativo do aumento da temperatura sobre a conservação da qualidade dos frutos durante o período de armazenagem além de contribuir com a redução na incidência de danos por frio.

Considerando-se os reconhecidos benefícios da AC e do 1-MCP no aumento do potencial de armazenagem de maçãs, e os gastos em virtude da armazenagem refrigerada, o aumento da temperatura de armazenagem de maçãs clones de 'Gala' armazenadas sob AC e tratadas com 1-MCP, pode proporcionar redução no consumo de energia utilizada durante o armazenamento, bem como na incidência de escurecimento interno da polpa ("dano por frio"). De acordo com Kweon et al. (2013) o aumento da temperatura de armazenagem de 0 a 2 °C em maçãs 'Fuji' armazenadas por 6 meses reduziu a incidência de 'flesh browning'. Ben-Arie et al. (2010) também sugere que é possível aumentar 1 °C na temperatura de armazenagem de maçãs 'Golden Delicious' sem perda da qualidade quando os frutos são tratados com 1-MCP. Brown (2011) reportou que até 4,5 °C de incremento de temperatura durante 6 meses de AC de 'Pink Lady' não tem influencia significativa na firmeza da polpa dos frutos. Aparentemente, as tecnologias de armazenamento complementares a refrigeração tais como AC e 1-MCP permitem otimizar o balanço entre a energia consumida e a manutenção da qualidade, e por isso, oferecem uma oportunidade para

economias substanciais de custos de energia através do aumento da temperatura de armazenagem de maçãs (EAST; SMALE; TRUJILLO, 2013).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de aumento da temperatura de armazenagem de maçãs clones de 'Gala' sob atmosfera controlada (AC), tratadas com 1-MCP, como método para redução do desenvolvimento de escurecimento da polpa e do consumo de energia para refrigeração.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 EXPERIMENTOS

Cinco experimentos foram conduzidos em 2011, com maçãs produzidas na safra 2010-2011, sendo um deles em câmaras de armazenagem experimental de 0,150 m<sup>3</sup>, dois em câmaras comerciais de 2050 m<sup>3</sup> na região de Fraiburgo-SC, e dois em câmaras comerciais de 578 m<sup>3</sup> na região de São Joaquim-SC.

#### 2.1.1 Experimento 1: Qualidade de maçãs de Fraiburgo, armazenadas em câmaras experimentais

Esse experimento foi conduzido com maçãs 'Royal Gala' crescidas sobre porta-enxerto EM7, em pomar comercial implantado em 1998, em Fraiburgo, a aproximadamente 1000 m de altitude, no Meio Oeste do estado de Santa Catarina. As maçãs foram colhidas 124 e 140 dias após a plena floração (DAFF), e armazenadas sob AC (1,8 kPa de O<sub>2</sub> e 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> / 90±3 % de umidade relativa), em duas temperaturas (-0,3±0,2 °C e 1,2±0,3 °C), por 210 dias, em câmaras experimentais de 0,150 m<sup>3</sup>.

Metade dos frutos de cada data de colheita foi tratada com 1-MCP, um dia após a colheita, e a outra metade permaneceu não tratada, correspondendo a testemunha. Dessa forma, houve quatro tratamentos, correspondentes a duas temperaturas de armazenagem (-0,3 °C e 1,2 °C) e duas doses de 1-MCP (0 e 1 ppm), para cada uma das datas de colheita.

As maçãs dos quatro tratamentos foram refrigeradas dois dias após a colheita, e expostas aos regimes de AC cinco dias após a colheita, em oito câmaras experimentais de 0,150 m<sup>3</sup>, sendo quatro delas mantidas em sala a -0,3 °C e quatro mantidas em sala a 1,2 °C. Após o armazenamento, os frutos foram mantidos sob atmosfera do ar (AA) a 23±0,3 °C e umidade relativa de 68±6 %, por sete (frutos colhidos 124 DAPF) e três (frutos colhidos 140 DAPF) dias, antes de serem analisados quanto à firmeza da polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), severidade de escurecimento da polpa, podridões e rachaduras.

O experimento foi conduzido segundo delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 frutos, em esquema fatorial (4x2), correspondente a quatro tratamentos (-0,3 °C testemunha, -0,3 °C + 1-MCP, 1,2 °C testemunha, 1,2 °C + 1-MCP) e duas datas de colheita (124 e 140 DAPF).

### **2.1.2 Experimento 2: Qualidade de maçãs de Fraiburgo, armazenadas em câmaras comerciais**

Neste experimento foram utilizadas maçãs 'Galaxy' e 'MaxiGala', colhidas em pomares comerciais da Fischer S/A Agroindústria, Fraiburgo, localizados no município de Fraiburgo, Meio Oeste de Santa Catarina, a aproximadamente 1000 m de altitude, 130 a 140 dias após a plena floração. Os pomares foram plantados em 2004 sobre porta-enxerto Marubakaido, com filtro EM9.

Esse experimento foi conduzido em duas câmaras comerciais de 2050 m<sup>3</sup>, no parque de armazenagem da Fischer S/A Agroindústria, em Fraiburgo-SC, posicionadas no meio de um mesmo corredor de 20 câmaras do mesmo tamanho. Nenhuma das duas câmaras apresentava parede exposta ao sol. Ambas as câmaras foram carregadas com 470 toneladas de maçãs das cultivares 'Galaxy' e 'MaxiGala', dos mesmos pomares de Fraiburgo, colhidas nos mesmos dias, durante cinco dias. As cargas de maçãs de cada caminhão, destinadas a essas duas câmaras, foram divididas, sendo metade direcionada para uma câmara e metade para a outra câmara.

Amostras (32) homogêneas de 40 maçãs 'Galaxy', colhidas de pomares da Fischer S/A Agroindústria, Fraiburgo, de Fraiburgo, 134 a 140 dias após a plena floração foram selecionadas no parque de armazenagem, pesadas e acondicionadas em caixas plásticas. Essas amostras foram casualmente segregadas em quatro grupos de 8 amostras de 40 frutos e etiquetadas para os seguintes tratamentos: 0,7 °C testemunha; 0,7 °C + 1-MCP; 2,0 °C testemunha; 2,0 °C + 1-MCP. Maçãs de 16 amostras foram tratadas com 1-MCP por 24h, enquanto as demais 16 amostras permaneceram não tratadas, correspondendo a testemunhas. Após 24 h do tratamento com 1-MCP, 16 amostras de maçãs (8 tratadas com 1-MCP e 8 não tratadas) foram mantidas na câmara a 0,7 °C e 16 amostras (8

tratadas com 1-MCP e 8 não tratadas) foram mantidas na câmara a 2,0 °C.

A temperatura de armazenagem foi mantida em  $0,7 \pm 0,3$  °C em uma das câmaras e  $2,0 \pm 0,3$  °C na outra câmara. A umidade relativa se manteve em  $90\% \pm 3\%$ , e os regimes de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> foram mantidos em  $1,8 \pm 0,2$  e  $2,0 \pm 0,2$  kPa, respectivamente, em ambas as câmaras, ao longo do período de armazenagem. As 470 toneladas de maçãs comerciais armazenadas na câmara mantida a 2,0 °C foram tratadas com 1-MCP no sétimo dia após o início do carregamento das câmaras, enquanto as 470 toneladas de maçãs comerciais armazenadas na câmara mantida a 0,7 °C não foram tratadas com 1-MCP.

Após 200 dias de armazenamento sob AC, as 32 amostras foram pesadas e a seguir, mantidas sob atmosfera do ar (AA) a  $23 \pm 0,3$  °C e umidade relativa de  $68 \pm 6\%$ , por dois dias, antes de serem analisados quanto à firmeza da polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), severidade de escurecimento da polpa, podridões e rachaduras. A percentagem de perda de massa pelas maçãs foi determinada pela diferença entre a massa antes e após a armazenagem.

O experimento foi conduzido com delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições de 40 frutos, por tratamento.

### **2.1.3 Experimento 3: Efeitos da temperatura sobre o rendimento de empacotamento de maçãs de Fraiburgo, armazenadas em câmaras comerciais**

O experimento foi conduzido em duas câmaras comerciais de 2050 m<sup>3</sup>, no parque de armazenagem da Fischer S/A Agroindústria, conforme descrito no experimento 2.

Nesse experimento, 32 contentores industriais de maçãs (“bins”) com aproximadamente 350 kg de maçãs ‘MaxiGala’ de um mesmo pomar, colhidas 132 dias após a plena floração, foram selecionados na recepção do parque de armazenagem, casualizados em quatro grupos de oito contentores e etiquetados para os seguintes tratamentos: 0,7 °C Testemunha; 0,7 °C + 1-MCP; 2,0 °C Testemunha; 2,0°C + 1-MCP. Maçãs de 16 contentores selecionados foram tratadas com 1-MCP enquanto maçãs de 16 contentores não foram tratadas com 1-MCP,

permanecendo como testemunhas. Após 24 h do tratamento com 1-MCP, 16 contentores (8 tratados com 1-MCP e 8 não tratados) foram armazenados na câmara a 0,7 °C e 16 contentores (8 tratados com 1-MCP e 8 não tratados) foram armazenados na câmara a 2,0 °C.

Um dia após a armazenagem sob AC, selecionou-se uma amostra de 120 frutos sadios de cada um dos 32 contentores, referentes aos quatro tratamentos descritos no parágrafo anterior. Essas amostras de 120 frutos foram pesadas e mantidas durante dois dias a 23 °C, e então analisadas quanto a firmeza da polpa e severidade de escurecimento interno. A seguir, as maçãs remanescentes nos 32 contentores foram manualmente segregadas como sadias ou deterioradas. Classificou-se como maçãs deterioradas aquelas com sintomas de danos desenvolvidos durante a armazenagem, tais como podridões, senescência (rachadura senescente e/ou escurecimento senescente da epiderme) e danos por deficiência de cálcio ("bitter pit", depressão lenticelar e "blotch pit"). Classificaram-se como sadias, as maçãs sem defeitos ou com defeitos pré-colheita, tais como defeitos de forma, tamanho, cor, danos por insetos, queimadura de sol, etc.

Determinou-se para cada contentor (repetição) a massa total de maçãs, e a massa de maçãs sadias ou com danos por deterioração durante a armazenagem. A percentagem de frutos com danos desenvolvidos durante a armazenagem foi determinada para cada contentor industrial ("bins") pela relação entre massa total de frutos e massa de frutos com danos (deteriorados).

O experimento foi conduzido com delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições de ~350 kg de frutos para análise de rendimento de empacotamento, e oito repetições de 120 frutos para análises da qualidade dos frutos depois de 2 dias a 23 °C.

#### **2.1.4 Experimento 4: Efeitos da temperatura sobre a conservação da qualidade de maçãs de São Joaquim, armazenadas em câmaras comerciais**

Esse experimento foi conduzido em três câmaras comerciais de 578 m<sup>3</sup>, no parque de armazenagem da Agro



Comercial Hiragami LTDA, em São Joaquim-SC, posicionadas em um mesmo corredor de 10 câmaras do mesmo tamanho. As três câmaras foram carregadas com aproximadamente 140 toneladas de maçãs das cultivares Gala e Imperial Gala, colhidas nos mesmos pomares de São Joaquim, nos mesmos dias, durante quatro dias. As cargas de maçãs de cada caminhão, destinadas a essas câmaras, foram divididas, sendo 1/3 direcionada para cada uma das três câmaras.

As maçãs 'Gala' e 'Imperial Gala' foram colhidas em pomares comerciais da Agro Comercial Hiragami LTDA, localizados no município de São Joaquim, região serrana de Santa Catarina, a aproximadamente 1230 m de altitude. Os pomares foram plantados em 1997, sobre porta-enxerto Marubakaido ('Gala') e em 2004 sobre porta-enxerto EM9 ('Imperial Gala'). Amostras (24) homogêneas de 100 maçãs de cada uma das cultivares 'Gala' e 'Imperial Gala', colhidas 142 e 139 DAPF, respectivamente, foram selecionadas no parque de armazenagem, pesadas e acondicionadas em caixas plásticas. As amostras de cada uma das duas cultivar foram casualmente segregadas em seis grupos de quatro repetições de 100 frutos e etiquetadas para os seguintes tratamentos: 1) 0,8 °C Testemunha; 2) 0,8 °C + 1-MCP; 3) 1,4 °C Testemunha; 4) 1,4 °C + 1-MCP; 5) 1,9 °C Testemunha; 6) 1,9 °C + 1-MCP. Maçãs de 12 amostras foram tratadas com 1-MCP por 24 h, enquanto aquelas de 12 amostras permaneceram não tratadas, como testemunhas. Após 24 h do tratamento com 1-MCP, oito amostras de maçãs (quatro tratadas com 1-MCP e quatro não tratadas) foram armazenadas em cada uma das três câmaras (temperaturas) de armazenagem.

As temperaturas de armazenagem foram mantidas em  $0,8 \pm 0,4$  °C,  $1,4 \pm 0,3$  °C e  $1,9 \pm 0,4$  °C. A umidade relativa se manteve em  $91 \pm 4$  %, e os regimes de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> foram mantidos em  $1,8 \pm 0,2$  e  $2,0 \pm 0,2$  kPa, respectivamente, nas três câmaras, ao longo do período de armazenagem. As 140 toneladas de maçãs comerciais armazenadas nas câmaras mantidas a 1,4 °C e 1,9 °C foram tratadas com 1-MCP no sexto dia após o início do carregamento das câmaras, enquanto as 140 toneladas de maçãs comerciais armazenadas na câmara mantida a 0,8 °C não foram tratadas com 1-MCP.

Após 230 dias de armazenamento, as maçãs foram pesadas e a seguir, mantidas sob atmosfera do ar (AA) a  $23\pm 0,3$  °C e umidade relativa de  $68\pm 6$  %, por sete dias, antes de serem analisadas quanto produção de etileno, respiração, firmeza da polpa, AT, SS, severidade de escurecimento da polpa e podridões. A percentagem de perda de massa pelas maçãs foi determinada pela diferença entre a massa antes e após a armazenagem.

O experimento foi conduzido com delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 100 frutos por tratamento.

### **2.1.5 Experimento 5: Efeitos da temperatura sobre o rendimento de empacotamento de maçãs de São Joaquim, armazenadas em câmaras comerciais**

O experimento foi conduzido em três câmaras comerciais de  $578\text{ m}^3$ , no parque de armazenagem da Agro Comercial Hiragami LTDA, São Joaquim, conforme descrito no experimento 4.

Nesse experimento, 54 contentores industriais de maçãs (“bins”), com aproximadamente 380 kg de maçãs ‘Gala’ de um mesmo pomar, colhidas 142 DAPF, foram selecionados na recepção do parque de armazenagem, casualizados em três grupos de 18 contentores e etiquetados para os seguintes tratamentos: 0,8 °C Testemunha; 1,4 °C + 1-MCP; 1,9 °C + 1-MCP. Maçãs dos 18 contentores colocados na câmara a 1,4 °C e dos 18 contentores colocados na câmara a 1,9 °C foram tratadas com 1-MCP nas respectivas câmaras, enquanto as maçãs do 18 contentores colocados na câmara a 0,8 °C não foram tratadas com 1-MCP, permanecendo como testemunhas.

Um dia após a armazenagem sob AC, selecionou-se quatro amostras de 100 frutos sadios da cada um dos três grupos de 18 contentores, referentes aos três tratamentos descritos no parágrafo anterior. Essas amostras foram mantidas a 23 °C por sete dias. Num mesmo dia, as maçãs dos 54 contentores foram segregadas manualmente como sadias ou deterioradas. Classificou-se como maçã deterioradas aquelas com sintomas de danos desenvolvidos durante a armazenagem, tais como podridões, senescência (rachadura senescente e/ou

escurecimento senescente da epiderme) e danos por deficiência de cálcio ("bitter pit", depressão lenticelar e "blotch pit"). Classificaram-se como sadias, as maçãs sem defeitos ou com defeitos pré-colheita, tais como defeitos de forma, tamanho, cor, danos por insetos, queimadura de sol, etc.

Determinou-se a massa total de maçãs, e a massa de maçãs sadias ou com danos por deterioração durante a armazenagem, para cada grupo de seis contentores. A percentagem de frutos com danos desenvolvidos durante a armazenagem foi determinada para cada seis contentores industriais ("bins"), pela relação entre massa total de frutos e massa de frutos com cada um dos danos.

O experimento foi conduzido com delineamento inteiramente casualizado, com três repetições de seis contentores (2,280 kg) de frutos para análise de rendimento de empacotamento, e quatro repetições de 100 frutos para análises da qualidade dos frutos depois de sete dias a 23 °C.

## 2.2 APLICAÇÃO DO 1-MCP

### 2.2.1 Aplicação em câmara experimental

Maçãs armazenadas em câmaras experimentais (experimento 1) foram tratadas com 1 ppm ( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) de 1-MCP por 24 h, em câmara hermética de  $1 \text{ m}^3$ , a temperatura ambiente (18 a 25 °C). O gás 1-MCP foi gerado misturando-se pó de 1-metilciclopropeno-ciclodextrina (1,6 g de EthylBloc™, 0,14% i.a., AgroFresh Inc.) e água a 25 °C, num frasco de 500 mL, e bombeado à câmara de tratamento em sistema fechado.

### 2.2.2 Aplicação em câmaras comerciais

Maçãs armazenadas em câmaras comerciais (experimentos 2 a 5) foram tratadas com 1 ppm ( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) de 1-MCP por 24 h nas câmaras de armazenagem comercial de  $2050 \text{ m}^3$  ou  $578 \text{ m}^3$ . O 1-MCP foi gerado no interior das câmaras pela dissolução de ciclodextrina-1-MCP (SmartFresh™, 3,3% i.a., AgroFresh Inc.) em água. O pó ciclodextrina-1-MCP embalado em bolsa hidrossolúvel foi depositado em reservatório de água de um gerador de 1-MCP™ (AgroFresh Inc.). A porta da câmara

de armazenagem foi lacrada em 5 minutos depois da bolsa de ciclodextrina-1-MCP ter sido depositada na água, garantido que a dissolução da bolsa hidrossolúvel e a gaseificação do 1-MCP tenham ocorrido em ambiente hermético. A dissolução da ciclodextrina-1-MCP em água e a prevenção de sua precipitação foi favorecida pelo borbulhamento de ar no reservatório de água.

### 2.3 MEDIDAS DE QUALIDADE DOS FRUTOS, RESPIRAÇÃO E PRODUÇÃO DE ETILENO

A firmeza da polpa foi medida em um lado da superfície de cada fruto, na região de transição de cor, do mais avermelhado (mais exposto ao sol) ao menos avermelhado (menos exposto ao sol), pela utilização de um penetrômetro eletrônico, motorizado com ponteira de 11 mm (Güss, África do Sul), após remoção de uma pequena porção da epiderme.

O índice de degradação do amido foi estimado visualmente usando-se uma escala de 1 a 9 (1 = 100% da superfície com amido, 9 = 0% da superfície com amido) depois de expor uma secção equatorial de cada fruto à solução de  $I_2+KI$  (BENDER; EBERT, 1985).

Amostras de suco dos frutos foram coletadas pelo uso de um espremedor centrífugo (Champion, PlastaketMfg. USA) para determinação da AT e SS. O teor de SS no suco foi determinado usando-se refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Atago, Japão), enquanto a AT foi determinada pela titulação de 10 mL de suco com 0,1 N NaOH até pH 8,2 usando-se um titulador automático (RadiometerAnalytical, França).

Os frutos foram fatiados transversalmente para a avaliação de escurecimento interno e podridões, que foram classificados de acordo com o grau de severidade.

O distúrbio 'escurecimento interno' que ocorre predominantemente na região do córtex foi analisado pela severidade do sintoma de 'polpa amarronzada' (pardacenta), conforme segue:

- 1) ausência de sintoma;
- 2) inicial: 1 a 30% da secção transversal com coloração amarronzada, predominantemente clara e difusa;

3) moderada: 30% a 60% da secção transversal com coloração amarronzada difusa, parcialmente clara e parcialmente escura, e;

4) severa: mais de 60% da secção transversal com coloração amarronzada, predominantemente marrom-escura e difusa.

A severidade de podridões foi avaliada de acordo com o tamanho das lesões visíveis externamente, conforme segue:

1) ausente;

2) inicial: uma ou duas lesões com somatório de diâmetro(s) inferior a 1 cm, e;

3) severa: uma ou mais lesões com somatório de diâmetro(s) superior a 1 cm.

A rachadura senescente dos frutos, visível externamente, foi analisada como ausente (escore 1) ou presente (escore 2).

A firmeza da polpa, índice de amido, severidade de podridões, escurecimento interno e rachaduras foram analisados para cada fruto. A AT e o teor de SS foram determinados em quatro amostras de suco por repetição. Cada amostra de suco foi preparada a partir de fatias de 6 a 7 frutos.

Amostras de aproximadamente 1 kg de maçãs foram colocadas em jarras de 4 L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a  $100 \text{ mL min}^{-1}$ , e mantidas a  $22 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 12 h para estabilização da temperatura, para análise da respiração e produção de etileno. Amostras de ar das câmaras de armazenagem foram coletadas, com auxílio de bomba de vácuo e injetadas em bolsas flexíveis de filme Tedlar<sup>®</sup> (SKC Inc.). Concentração de etileno nas amostras de ar coletadas foram analisadas por cromatografia gasosa conforme descrito no próximo parágrafo.

No ar efluente foram determinadas as concentrações de etileno e de  $\text{CO}_2$ , por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Tóquio) equipado com metanador (Alltech, Austin, Texas), detector de ionização de chama e coluna de aço inoxidável de 0,6 m e diâmetro interno de 2 mm, empacotada com Poropak Q, 80 a 100 mesh (Supelco, Bellefonte, Pa). As temperaturas do forno, do detector, do metanizador e do injetor foram fixadas em 50, 200, 290 e  $150^\circ\text{C}$ , respectivamente. Os fluxos dos gases  $\text{N}_2$  (Nitrogênio),  $\text{H}_2$  (Hidrogênio) e do ar utilizados foram de 70, 30 e  $300 \text{ mL.min}^{-1}$ , respectivamente.

## 2.4 CONSUMO DE ENERGIA

O consumo de energia foi estimado nas duas câmaras comerciais de 2050 m<sup>3</sup>, no parque de armazenagem da Fischer S/A Agroindústria, usadas para os experimentos 2 e 3, por medidas de frequência de abertura da válvula solenoide de gás refrigerante (amônia) no evaporador e pela medida do consumo de energia (KWH) e frequência de ventilação nos evaporadores das duas câmaras. As frequências de abertura de válvulas solenoides e de ventilação foram determinadas através de sistemas de automação industrial, com Controladores Lógicos Programáveis e softwares específicos. O consumo de energia pelos motores de ventilação foi determinado pela instalação de medidores de consumo de energia.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 EXPERIMENTO 1: QUALIDADE DE MAÇÃS DE FRAIBURGO, ARMAZENADAS EM CÂMARAS EXPERIMENTAIS

Maçãs ‘Royal Gala’ destinadas a armazenagem em câmaras experimentais, colhidas 140 DAPF no pomar comercial de Fraiburgo, apresentaram, um dia após a colheita, menores valores de firmeza da polpa e AT, e maior índice de degradação do amido, indicando maturação mais avançada que aquelas colhidas 124 DAPF (Tabela 1).

Tabela 1 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e índice de amido em maçãs ‘Royal Gala’ colhidas 124 e 140 dias após a plena floração (DAPF), em pomar de Fraiburgo, e analisadas um dia após a colheita.

Colheitas	Firmeza (N)	AT (%)	SS (%)	Amido (1-9)
124 DAPF	73,3	0,352	11,5	4,4
140 DAPF	63,1	0,289	11,7	7,9
C <sup>W</sup>	***	***	ns	***

C<sup>W</sup>: Efeito de data de colheita. ns = não significativo. \*\*\* = significativo a 0,1%.

Maçãs ‘Royal Gala’ colhidas 124 DAPF armazenadas a 1,2 °C mantiveram maior firmeza da polpa que aquelas armazenadas a -0,3 °C após a armazenagem em AC, quando não tratadas com o inibidor da ação do etileno 1-MCP (Tabela 2). Não houve efeito da temperatura sobre a conservação da firmeza da polpa de maçãs ‘Royal Gala’ colhidas 140 DAPF. Entre as colheitas, observou-se que maçãs colhidas precocemente (124 DAPF) mantiveram após a armazenagem maior firmeza da polpa que aquelas colhidas tardiamente (140 DAPF). Não houve efeito das temperaturas de armazenagem e das doses de 1-MCP sobre a AT e SS (Tabela 2). Entre as colheitas, frutos provenientes da segunda colheita, armazenados em câmaras experimentais, apresentaram maiores valores de SS (Tabela 2).

Tabela 2 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e teor de sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Royal Gala’ após 210 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de -0,3 e 1,2°C, mais sete (em frutos colhidos aos 124 DAPF) ou três (em frutos colhidos aos 140 DAPF) dias sob atmosfera do ar a 23°C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara experimental de 0,150 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Firmeza (N)		
		124 DAPF	140 DAPF	C <sup>AV</sup>
-0,3	Testemunha	52,0 b	42,6 b	***
	1-MCP	58,2 a	45,7 ab	***
1,2	Testemunha	58,2 a	42,6 ab	***
	1-MCP	61,3 a	47,1 a	***
	CV (%)	31,1	32,7	
		AT (%)		
		124 DAPF	140 DAPF	C <sup>AV</sup>
-0,3	Testemunha	0,226 a	0,213 a	ns
	1-MCP	0,250 a	0,235 a	ns
1,2	Testemunha	0,232 a	0,230 a	ns
	1-MCP	0,244 a	0,226 a	ns
	CV (%)	7,1	8,6	
		SS (%)		
		124 DAPF	140 DAPF	C <sup>AV</sup>
-0,3	Testemunha	12,1 a	12,4 a	ns
	1-MCP	12,2 a	12,8 a	*
1,2	Testemunha	11,8 a	12,7 a	*
	1-MCP	11,9 a	12,5 a	**
	CV (%)	2,4	2,5	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

C<sup>AV</sup>: Efeito de data de colheita. ns = não significativo. \*\*\* = significativo a 0,1%. \*\* = significativo a 1%. \* = significativo a 5%.



A percentagem de maçãs 'Royal Gala' afetadas por podridões após a armazenagem foi menor quando mantidas a 1,2 °C, independentemente da data de colheita (Tabela 5). A utilização de 1-MCP não teve forte influência sob a percentagem de podridões, apresentando efeito apenas nas maçãs colhidas 124 DAPF e armazenadas a -0,3 °C, quando diminuiu a incidência de frutos com podridões.

A incidência de maçãs afetadas por escurecimento da polpa foi reduzida pelo aumento da temperatura de -0,3 para 1,2 °C para maçãs colhidas 124 DAPF e tratadas com 1-MCP e para maçãs colhidas 140 DAPF e não tratadas com 1-MCP (Tabela 3). O tratamento com 1-MCP reduziu o desenvolvimento de escurecimento da polpa nos frutos colhidos 124 DAPF armazenados a -0,3 °C (Tabela 3). Maçãs armazenadas a 1,2 °C tratadas com 1-MCP apresentaram menor incidência de escurecimento da polpa que maçãs armazenadas a -0,3 °C não tratadas com 1-MCP, independentemente da data de colheita. Frutos colhidos 140 DAPF apresentaram maior percentagem de escurecimento interno em relação aos frutos colhidos 124 DAPF (Tabela 3).

Frutos colhidos 124 DAPF não apresentaram rachaduras após a armazenagem, esse distúrbio ocorreu apenas para os frutos colhidos 140 DAPF (Tabela 3). A incidência de rachaduras foi menor nos frutos armazenados em temperaturas mais altas e tratados com 1-MCP (Tabela 3).

A incidência de maçãs com rachaduras foi reduzida pelo aumento da temperatura de armazenagem quando não tratadas com 1-MCP. O tratamento 1-MCP reduziu significativamente o desenvolvimento de rachaduras independentemente da temperatura de armazenagem.

Tabela 3 – Percentagem de maçãs ‘Royal Gala’ afetadas por podridões, escurecimento interno e rachadura em maçãs ‘Royal Gala’ após 210 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de -0,3 e 1,2 °C mais sete (124 DAPF) ou três (140 DAPF) dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara experimental de 0,150 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Podridão (%)		
		124 DAPF	140 DAPF	C <sup>W</sup>
-0,3	Testemunha	32,0 a	21,0 a	***
	1-MCP	22,0 b	13,0 ab	**
1,2	Testemunha	5,0 c	8,0 b	ns
	1-MCP	3,0 c	12,0 ab	**
	CV (%)	32,6	12,5	
Escurecimento Interno <sup>1/2</sup> (%)				
		124 DAPF	140 DAPF	C <sup>W</sup>
-0,3	Testemunha	38,0 ab	67,0 a	***
	1-MCP	42,0 a	56,0 b	ns
1,2	Testemunha	26,0 bc	43,0 b	**
	1-MCP	23,0 c	34,0 b	**
	CV (%)	9,9	13,6	
Rachadura (%)				
		124 DAPF	140 DAPF	C <sup>W</sup>
-0,3	Testemunha	0,0 a	22,0 a	***
	1-MCP	0,0 a	3,0 bc	*
1,2	Testemunha	0,0 a	10,0 b	***
	1-MCP	0,0 a	2,0 c	ns
	CV (%)	0,0	18,9	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

C<sup>W</sup>: Efeito de data de colheita. ns = não significativo. \*\*\* = significativo a 0,1%. \*\* = significativo a 1%. \* = significativo a 5%.

Escurecimento interno<sup>1/2</sup>: inicial, moderado e severo.

### 3.2 EXPERIMENTO 2: QUALIDADE DE MAÇÃS DE FRAIBURGO, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS

Maçãs ‘Galaxy’ destinadas a armazenagem em câmara comercial, colhidas em pomar comercial de Fraiburgo, apresentaram, um dia após a colheita, alto índice de degradação do amido e baixa firmeza da polpa indicando que os frutos estavam em estágio avançado de maturação (Tabela 4), e por isso, impróprios para longos períodos de armazenagem (ARGENTA; MONDARDO, 1994).

Tabela 4 – Firmeza da polpa e índice de amido em maçãs ‘Galaxy’, um dia após a colheita. Frutos colhidos em Fraiburgo, SC, 134 a 140 dias após a plena floração, e analisadas um dia após a colheita.

Atributo	Valor	Desvio Padrão
Firmeza (N)	66,2	2,3
Amido (1-9)	8,5	1,2

Após o período de armazenagem em AC, maçãs ‘Galaxy’ armazenadas em temperaturas de 0,7 °C, mantiveram menor firmeza da polpa em relação às maçãs armazenadas em temperaturas de 2 °C quando não tratadas com 1-MCP (Tabela 5). Não houve efeito dos tratamentos de temperatura e 1-MCP sobre a conservação da AT e SS (Tabela 5).

Tabela 5 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Galaxy’ colhidas em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), e armazenados sob atmosfera controlada, em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>, durante 200 dias, nas temperaturas de 0,7 e 2,0 °C, seguido de dois dias sob atmosfera do ar a 23°C.

(Continua)				
Temperatura (°C)	Tratamento	Firmeza (N)	AT (%)	SS (%)
0,7	Testemunha	38,2 b	0,257 a	12,7 a
	1-MCP	46,6 a	0,271 a	12,4 a

Tabela 5 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Galaxy’ colhidas em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), e armazenados sob atmosfera controlada, em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>, durante 200 dias, nas temperaturas de 0,7 e 2,0 °C, seguido de dois dias sob atmosfera do ar a 23°C.

(Conclusão)				
Temperatura (°C)	Tratamento	Firmeza (N)	AT (%)	SS (%)
2,0	Testemunha	44,0 a	0,292 a	12,3 a
	1-MCP	43,5 a	0,255 a	12,0 a
	CV (%)	43,3	6,9	2,3

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Diferente do que ocorreu em maçãs armazenadas em câmaras experimentais, a incidência de maçãs ‘Galaxy’ com sintomas de podridões não foi afetada pelos tratamentos de temperatura e 1-MCP, quando armazenadas em câmaras comerciais (Tabela 6).

A incidência de maçãs afetadas por escurecimento da polpa foi reduzida pelo aumento da temperatura de 0,7 para 2,0 °C para maçãs não tratadas com 1-MCP (Tabela 6). Assim como observado no experimento 1, a incidência de maçãs com escurecimento da polpa foi mínima nos frutos tratados com 1-MCP e armazenados em temperatura mais elevada (2 °C).

O aumento da temperatura reduziu a incidência de frutos com rachaduras quando não tratados com 1-MCP (Tabela 6). 1-MCP reduziu a incidência de frutos com rachaduras quando armazenados a 0,7 °C (Tabela 6).

Tabela 6 – Percentagem de podridões, escurecimento interno e rachadura em maçãs ‘Galaxy’ após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C mais dois dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>.

Temperatura °C	Tratamento	Podridão (%)
0,7	Testemunha	15,0 a
	1-MCP	14,1 a
2,0	Testemunha	10,4 a
	1-MCP	14,5 a
	CV (%)	41,6
		Escurecimento Interno <sup>z</sup> (%)
0,7	Testemunha	40,4 a
	1-MCP	33,5 b
2,0	Testemunha	22,2 c
	1-MCP	24,8 bc
	CV (%)	13,8
		Rachadura (%)
0,7	Testemunha	2,7 a
	1-MCP	0,3 b
2,0	Testemunha	0,0 b
	1-MCP	0,0 b
	CV (%)	8,6

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Escurecimento interno<sup>z</sup>: moderado e severo.

A perda de massa em maçãs ‘Galaxy’ após a armazenagem em câmaras comerciais não foi influenciada pelos tratamentos de temperatura e de 1-MCP (Tabela 7).

Tabela 7 – Perda de massa em maçãs ‘Galaxy’ após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C mais dois dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Perda de massa (%)
0,7	Testemunha	3,2 a
	1-MCP	2,3 a
2,0	Testemunha	2,7 a
	1-MCP	2,7 a
	CV (%)	22,2

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

O aumento da temperatura de 0,7 °C para 2,0 °C resultou na redução de consumo de energia em aproximadamente 21% para ventilação (calculado em KWH e horas) e 50% para refrigeração (Tabela 8). O maior consumo de energia em câmaras de armazenagem de frutas ocorre na compressão do gás refrigerante pelas máquinas de refrigeração. No entanto, a gaseificação do refrigerante (amônia) e o escoamento do calor da atmosfera de armazenagem ao ambiente externo ocorrem a partir da abertura da válvula solenoide. Assim, embora a abertura da válvula solenoide *per se* não representa um consumo significativo de energia elétrica, a demanda de refrigeração da atmosfera de armazenagem e a compressão do gás refrigerante estão diretamente relacionados a frequência de abertura da válvula solenoide.

Tabela 8 – Economia de energia em câmaras de armazenagem após 195 dias de armazenagem sob atmosfera controlada nas temperaturas de 0,7 e 2,0 °C.

Número de dias	Mês (es)	Resfriamento (Frequência*)		
		0,7 °C	2,0 °C	Economia de Energia (%)
35	Fev. e Mar.	6159	3796	38,4
30	Abr.	5128	3462	32,5
31	Maio	7097	3127	55,9
30	Jun.	6386	2384	62,7
31	Jul.	5277	2416	54,2
38	Ago. e Set.	6453	3492	45,9
Total		36500	18677	48,8
Ventilação (KWH)				
35	Fev. e Mar.	3364	1894	43,7
30	Abr.	1568	1289	17,8
31	Maio	1481	1185	20,0
30	Jun.	1325	1204	9,1
31	Jul.	1494	1388	7,1
38	Ago. e Set.	2085	1947	6,6
Total		11317	8907	21,3
Ventilação (h)				
35	Fev. e Mar.	20331	12327	39,4
30	Abr.	17617	13763	21,9
31	Maio	17267	13046	24,4
30	Jun.	16968	13336	21,4
31	Jul.	15363	13551	11,8
38	Ago. e Set.	20534	18757	8,7
Total		108080	84780	21,6

\*Frequência de abertura da válvula solenoide.

### 3.3 EXPERIMENTO 3: RENDIMENTO DE EMPACOTAMENTO DE MAÇÃS DE FRAIBURGO, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS

Maçãs 'MaxiGala' destinadas a armazenagem em câmara comercial, colhidas em pomar comercial de Fraiburgo, apresentaram, um dia após a colheita, alto índice de degradação do amido e baixa firmeza da polpa (Tabela 9).

Tabela 9 – Firmeza da polpa e índice de amido em maçãs ‘MaxiGala’, um dia após a colheita. Frutos colhidos em Fraiburgo, SC, 132 dias após a plena floração, e analisados um dia após a colheita.

Atributo	Valor	Desvio Padrão
Firmeza (N)	68,0	2,2
Amido (1-9)	7,8	1,3

A incidência de maçãs ‘MaxiGala’ com sintomas de podridões e senescência não foi afetada pelos tratamentos de temperatura e 1-MCP, quando armazenadas em “bins” (contentores industriais com capacidade para aproximadamente 380 kg de maçãs), por 200 dias (Tabela 10). A incidência de maçãs com danos por deficiência de cálcio foi inferior a 0,1% para todos os tratamentos e não foi afetada pelos tratamentos (dados não apresentados).

Tabela 10 – Incidência de maçãs ‘MaxiGala’ com sintomas de podridões e senescência, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C, mais um dia sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	% de frutos com danos		Soma
		Podridão	Senescência	
0,7	Testemunha	12,8 a	2,7 a	15,5 a
	1-MCP	9,0 a	1,4 a	10,4 a
2,0	Testemunha	8,9 a	2,6 a	11,5 a
	1-MCP	8,6 a	1,4 a	10,0 a
	CV(%)	21,3	28,3	18,8

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

A firmeza da polpa de maçãs ‘MaxiGala’ armazenadas em “bins” não foi afetada pela temperatura, independentemente do tratamento com 1-MCP. No entanto, 1-MCP aumentou a



conservação da firmeza da polpa das maçãs armazenadas a 0,7 °C (Tabela 11).

Não houve diferença estatística na incidência de escurecimento interno, entre os tratamentos de temperatura e 1-MCP (Tabela 11).

Tabela 11 – Firmeza da polpa e percentagem de escurecimento interno em maçãs ‘MaxiGala’, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,7 e 2,0 °C, mais dois dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em Fraiburgo-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 2050 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Firmeza (N)	Escurecimento Interno <sup>1/2</sup> (%)
0,7	Testemunha	40,0 b	37,7 a
	1-MCP	42,6 a	33,4 a
2,0	Testemunha	42,2 ab	28,9 a
	1-MCP	43,1 a	28,5 a
	CV(%)	48,4	15,7

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Escurecimento interno<sup>1/2</sup>: soma de danos moderado e severo.

### 3.4 EXPERIMENTO 4: QUALIDADE DE MAÇÃS DE SÃO JOAQUIM, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS

Maçãs ‘Gala’ apresentaram, na colheita, menor firmeza da polpa e maior índice de degradação do amido que maçãs ‘Imperial Gala’, indicando que, na colheita, maçãs ‘Gala’ estavam mais maduras que as ‘Imperial Gala’ (Tabela 12).

Tabela 12 – Firmeza da polpa e índice de amido em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’, um dia após a colheita. Frutos colhidos em São Joaquim-SC.

Cultivar	Firmeza de polpa (N)	Amido (1-9)
Gala	71,1 ± 1,9*	6,6 ± 1,1
Imperial Gala	74,6 ± 2,0	5,0 ± 1,1

\*Valores médios ± desvio padrão.

A manutenção da firmeza da polpa durante e após a armazenagem em AC, foi influenciada pela temperatura apenas na cultivar 'Imperial Gala', onde frutos não tratados com 1-MCP e armazenados a 1,9 °C apresentaram após a armazenagem maior firmeza da polpa que aqueles armazenados a 1,4 ou 0,8 °C (Tabela 13). No entanto, frutos armazenados a 1,4 °C apresentaram menor firmeza da polpa que aqueles armazenados a 0,8 °C quando tratados com 1-MCP. Maçãs de ambas as cultivares tratadas com 1-MCP apresentaram maior firmeza da polpa que maçãs não tratadas, independentemente da temperatura de armazenagem, nas duas cultivares (Tabela 13).

A temperatura de armazenagem e o tratamento com 1-MCP não afetaram os teores de AT e de SS, nas duas cultivares (Tabela 13).

Tabela 13 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e teores de sólidos solúveis (SS) em maçãs 'Gala' e 'Imperial Gala' após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Firmeza (N)	AT (%)	SS (%)
'Gala'				
0,8	Testemunha	49,3 b	0,225 a	12,0 a
	1-MCP	70,6 a	0,260 a	11,9 a
1,4	Testemunha	49,7 b	0,238 a	11,9 a
	1-MCP	69,3 a	0,255 a	11,6 a
1,9	Testemunha	50,6 b	0,223 a	11,9 a
	1-MCP	68,8 a	0,249 a	11,6 a
	CV (%)	21,4	10,9	2,7
'Imperial Gala'				
0,8	Testemunha	51,1 d	0,235 a	12,4 a
	1-MCP	71,5 a	0,270 a	12,8 a
1,4	Testemunha	52,8 d	0,227 a	13,1 a
	1-MCP	67,5 b	0,262 a	12,9 a
1,9	Testemunha	55,5 c	0,239 a	12,9 a
	1-MCP	69,3 ab	0,270 a	12,7 a
	CV (%)	20,6	7,6	2,8

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

A incidência de maçãs ‘Gala’ com podridões foi reduzida pelo aumento da temperatura de armazenagem de 0,8 para 1,9 °C, quando não tratadas com 1-MCP e de 0,8 para 1,4 °C quando tratadas com 1-MCP (Tabela 14). Esse efeito da temperatura não foi observado para maçãs ‘Imperial Gala’, independentemente do tratamento com 1-MCP (Tabela 14). A incidência de maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ com podridões após a armazenagem em AC a 1,9 °C foi maior em frutos tratados com 1-MCP, em comparação aos frutos não tratados com 1-MCP (Tabela 14). Entretanto, a incidência de podridões foi igual para frutos tratados e não tratados com 1-MCP, quando armazenados a 0,8 e 1,4 °C (Tabela 14).

Assim como observado no experimento em câmaras experimentais e comerciais com frutos da região de Fraiburgo, a incidência de escurecimento interno em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ foi menor em frutos armazenados em temperaturas mais altas (1,4 e 1,9 °C), quando não tratados com 1-MCP (Tabela 14). O aumento da temperatura não resultou em redução do escurecimento da polpa dos frutos quando tratados com 1-MCP, independentemente da cultivar. No entanto, 1-MCP reduziu o escurecimento da polpa nas maçãs ‘Gala’, independentemente da temperatura de armazenagem e em maçãs ‘Imperial Gala’ armazenadas a 0,8 °C (Tabela 14).

Tabela 14 – Percentagem de maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ com podridões e escurecimento interno, após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

(Continua)			
Temperatura (°C)	Tratamento	Podridão (%)	Escurecimento Interno <sup>1/2</sup> (%)
			‘Gala’
0,8	Testemunha	11,3 ab	45,3 a
	1-MCP	18,6 a	5,3 c
1,4	Testemunha	9,2 bc	34,3 b

Tabela 14 – Percentagem de maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ com podridões e escurecimento interno, após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

(Conclusão)			
Temperatura (°C)	Tratamento	Podridão (%)	Escurecimento Interno <sup>1/z</sup> (%)
1,9	1-MCP	10,0 bc	4,1 c
	Testemunha	6,8 c	37,7 b
	1-MCP	16,2 ab	7,6 c
	CV (%)	41,8	20,2
‘Imperial Gala’			
0,8	Testemunha	6,4 ab	28,9 a
	1-MCP	7,1 ab	15,5 b
1,4	Testemunha	5,7 ab	25,3 ab
	1-MCP	4,8 b	17,8 b
1,9	Testemunha	3,6 b	23,3 ab
	1-MCP	10,6 a	21,0 ab
	CV (%)	33,5	13,7

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Escurecimento interno<sup>1/z</sup>: soma da incidência de frutos com sintomas inicial, moderado e severo.

A armazenagem de maçãs ‘Gala’ a 1,4 ou 1,9 °C, associada ao tratamento com 1-MCP, resultou em redução da produção de etileno em 110 vezes e da respiração em 50%, em comparação a armazenagem a 0,8 °C sem o tratamento com 1-MCP (Tabela 15).

A concentração de etileno na atmosfera das câmaras de armazenamento a 1,4 e 2,9 °C, que continham frutos tratados com 1-MCP, foi menor ao final do período de armazenagem, em relação à câmara de armazenamento a 0,8 °C, que continha frutos não tratados com 1-MCP (Tabela 16).

Tabela 15 – Produção de etileno e taxa respiratória em maçãs ‘Gala’, após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Etileno (µmol/Kg/h)	Respiração (µmol CO <sub>2</sub> /Kg/h)
0,8	Testemunha	1,746 a	543,1 a
1,4	1-MCP	0,016 b	324,6 b
1,9	1-MCP	0,012 b	308,6 b
CV (%)		110,4	29,8

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Tabela 16 – Concentração de etileno na atmosfera das câmaras comerciais, após 230 dias de armazenagem.

Temperatura (°C)	Tratamento	Etileno (µmol/m <sup>3</sup> )
0,8	Testemunha	2373 a
1,4	1-MCP	401 b
1,9	1-MCP	518 b
CV (%)		38,3

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

A perda de massa em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ foi reduzida pelo aumento da temperatura de 0,8 para 1,9 °C quando tratadas com 1-MCP (Tabela 17). O tratamento com 1-MCP reduziu a perda de massa em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’ armazenadas a 1,4 e 1,9 °C. Maçãs armazenadas a 0,8 °C apresentaram maior perda de massa quando tratadas com 1-MCP. A perda de massa foi mínima para maçãs armazenadas a 1,9 °C e tratadas com 1-MCP.

Tabela 17 – Perda de massa em maçãs ‘Gala’ e ‘Imperial Gala’, após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Perda de massa (%)
‘Gala’		
0,8	Testemunha	3,7 bc
	1-MCP	5,1 a
1,4	Testemunha	4,3 ab
	1-MCP	3,0 cd
1,9	Testemunha	4,3 ab
	1-MCP	2,4 d
CV (%)		5,5
‘Imperial Gala’		
0,8	Testemunha	4,0 b
	1-MCP	5,1 a
1,4	Testemunha	3,5 bc
	1-MCP	3,5 bc
1,9	Testemunha	4,0 b
	1-MCP	2,9 c
CV (%)		5,8

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.5 EXPERIMENTO 5: RENDIMENTO DE EMPACOTAMENTO DE MAÇÃS DE SÃO JOAQUIM, ARMAZENADAS EM CÂMARAS COMERCIAIS

Maçãs ‘Gala’ armazenadas a 1,4 e 1,9 °C e tratadas com 1-MCP não apresentaram diferença na incidência de podridões e danos por deficiência de Cálcio em relação às maçãs armazenadas a 0,8 °C não tratadas com 1-MCP, entretanto a incidência de senescência foi menor em maçãs armazenadas a 1,4 e 1,9 °C e tratadas com 1-MCP em relação às maçãs armazenadas a 0,8 °C e não tratadas com 1-MCP (Tabela 18).

Tabela 18 – Incidência de maçãs ‘Gala’ com sintomas de podridões, senescência e danos por deficiência de cálcio (Cálcio), após 230 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais um dia sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Podridão (%)	Senescência (%)	Cálcio* (%)	Soma
0,8	Testemunha	3,1 a	7,2 a	0,34 a	10,6 a
1,4	1-MCP	3,7 a	1,1 b	0,07 a	4,9 b
1,9	1-MCP	2,2 a	0,8 b	0,09 a	3,1 b
CV (%)		25,6	17,6	55,4	19,4

\*Danos por deficiência de Cálcio

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Maçãs ‘Gala’ armazenadas a 1,4 e 1,9 °C e tratadas com 1-MCP apresentaram maior conservação da firmeza da polpa após período de armazenagem em relação às maçãs armazenadas a 0,8 °C não tratadas com 1-MCP (Tabela 19). A AT e o teor de SS não apresentaram diferença entre tratamentos.

Tabela 19 – Firmeza da polpa, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS) em maçãs ‘Gala’, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Firmeza (N)	AT (%)	SS (%)
0,8	Testemunha	42,2 b	0,185 a	11,3 a
1,4	1-MCP	66,2 a	0,226 a	11,7 a
1,9	1-MCP	66,2 a	0,201 a	11,8 a
CV(%)		2,6	8,4	3,0

Maçãs ‘Gala’ armazenadas em AC a 0,8 °C não tratadas com 1-MCP não apresentaram diferença na incidência de podridões em relação às maçãs armazenadas a 1,4 e 1,9 °C e

tratadas com 1-MCP (Tabela 20). Maçãs armazenadas a 1,4 e 1,9 °C e tratadas com 1-MCP apresentaram menor incidência de escurecimento interno em relação às maçãs armazenadas a 0,8 °C não tratadas com 1-MCP (Tabela 20).

Tabela 20 – Percentagem de maçãs ‘Gala’ com podridões e escurecimento interno, após 200 dias de armazenagem sob atmosfera controlada, a temperaturas de 0,8, 1,4 e 1,9 °C, mais sete dias sob atmosfera do ar a 23 °C. Frutos colhidos em São Joaquim-SC, não tratados (testemunha) ou tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenados em câmara comercial de 578 m<sup>3</sup>.

Temperatura (°C)	Tratamento	Podridão (%)	Escurecimento Interno <sup>z</sup> (%)
0,8	Testemunha	32,2 a	41,1 a
1,4	1-MCP	25,3 a	13,7 b
1,9	1-MCP	26,0 a	10,3 b
CV(%)		12,3	13,9

Escurecimento interno<sup>z</sup>: Inicial, Moderado e Severo



## 4 DISCUSSÃO

Os resultados desse estudo confirmam que a temperatura de armazenagem afeta a conservação da qualidade de maçãs clones de 'Gala' durante a armazenagem refrigerada sob AC. No entanto, alguns dos efeitos da temperatura são menos consistentes e dependeram da origem dos frutos e do tratamento com 1-MCP.

A manutenção da firmeza da polpa após período de armazenagem em AC foi maior nos frutos armazenados em temperaturas mais altas em 4 dos 5 experimentos executados, embora esse efeito da temperatura tenha sido menos frequente quando os frutos foram tratados com 1-MCP. Isto contraria, em parte, os resultados obtidos em outro estudo, que apontou a temperatura 0,5 °C como adequada para a melhor conservação da firmeza da polpa em maçãs 'Gala' (BRACKMANN; ARGENTA; MAZARO, 1996). O uso do inibidor da ação do etileno 1-MCP teve efeito positivo sobre a conservação da firmeza da polpa em maçãs, concordando com os resultados obtidos por McCormick, Neuwald, Streif (2010) e McCormick, Neuwald, Streif (2012). O aumento da conservação da firmeza da polpa em decorrência da utilização do 1-MCP já foi reportado por diversos autores (BARITELLE et al., 2001; FAN; BLANKENSHIP; MATTHEIS, 1999; McCORMICK; NEUWALD; STREIF, 2012; STREIF, 2008; WATKINS, 2006; WATKINS, 2008; WATKINS; MILLER, 2005).

A firmeza da polpa do fruto é determinada pela força de coesão entre as pectinas, então quando as enzimas pectinolíticas começam a atuar durante o processo de amadurecimento, transformam a pectina insolúvel em solúvel, promovendo o amolecimento dos frutos (JACOMINO et al., 2002). O etileno é fundamental para a atividade das enzimas responsáveis pela perda de firmeza da polpa (JOHNSTON et al., 2001; MAJUMDER; MAZUMDAR, 2002). Desta forma, o aumento da conservação da firmeza da polpa nas maçãs tratadas com 1-MCP está diretamente relacionado à redução na produção e à ação do fitormônio etileno (STEFFENS et al., 2008).

O aumento da manutenção da firmeza da polpa nos frutos armazenados em temperaturas mais altas pode estar

relacionado à incidência de escurecimento interno da polpa. Frutos armazenados em temperaturas mais altas apresentaram menor incidência de escurecimento da polpa, podendo interferir nos resultados referentes à conservação da firmeza da polpa dos frutos.

Em frutos colhidos 140 DAPF no experimento 1 o 1-MCP não aumentou a conservação da firmeza da polpa. Isso pode estar relacionado ao estágio muito avançado de maturação dos frutos na colheita e ao período de armazenagem muito longo aplicado no experimento.

A temperatura de armazenagem não influenciou na conservação da AT e dos SS em quase todos os experimentos realizados, com exceção aos frutos do experimento 1, que apresentaram valores mais altos de SS quando colhidos 140 DAPF e armazenados em maior temperatura. De acordo com resultados obtidos por McCormick; Neuwald; Streif (2012), a temperatura de armazenagem não tem influencia significativa nos valores de AT. Estes resultados discordam de outros trabalhos onde maçãs 'Gala' armazenadas a 0,5 °C apresentaram valores mais elevados de AT e SS, em relação aos frutos armazenados a 2,5 °C (BRACKMANN; ARGENTA; MAZARO, 1996).

Watkins; Nock; Whitaker (2000) reportaram que a AT é mais alta em maçãs 'Delicious', 'Empire' e 'McIntosh' tratadas com 1-MCP. De acordo com Fan; Blankenship; Mattheis (1999) o teor de SS é mais alto em maçãs tratadas com 1-MCP, entretanto outros trabalhos reportaram que o tratamento com 1-MCP não tem influencia nos valores SS (DeLONG; PRANGE; HARRISON, 2004).

Embora maçãs sejam consideradas tolerantes ao frio em relação a frutos de outras espécies (WANG, 2004), vários distúrbios fisiológicos que ocorrem durante a armazenagem de maçãs têm sido descritos como danos por frio. Danos por frio em maçãs podem se manifestar como escurecimento do córtex ('internal browning'), coração amarronzado ('brown core' ou 'core flush'), polpa farinácea e/ou escurecida ('low-temperature breakdown') e escurecimento da epiderme ('soft scald') (WANG, 2004; WATKINS, 2003).

O aumento da temperatura em 1,5 °C (experimento 1), 1,3 °C (experimento 2) e em 0,5 a 1,1 °C (experimentos 4 e 5)

resultou em menor incidência de frutos com escurecimento da polpa, sugerindo que esse distúrbio é em parte uma expressão de dano por frio. Esse resultado é semelhante aquele observado para maçãs 'Gala' em estudo anterior (BRACKMANN; ARGENTA; MAZARO, 1996). Frutos colhidos 140 DAPF, em estágio mais avançado de maturação, armazenados a 1,2 °C apresentaram maior incidência de escurecimento interno que os frutos colhidos 124 DAPF armazenados na mesma temperatura. De acordo com Meheriuk et al. (1994) o dano expresso como 'core flush' está relacionado com a senescência dos frutos.

O tratamento com 1-MCP teve efeito positivo sobre a redução da incidência de escurecimento interno nos frutos. Diversos autores reportaram o uso de 1-MCP como eficaz na redução de escurecimento interno em maçãs (AMARANTE et al., 2010; DeLONG; PRANGE; HARRISON, 2004; FAN; MATTHEIS, 1999; WATKINS, 2006).

O fato da inibição da ação do etileno com 1-MCP reduzir o desenvolvimento do escurecimento da polpa de maçãs, como ocorreu na maioria dos experimentos do presente estudo, indica que o desenvolvimento desse distúrbio é, em parte, uma expressão de dano relativo à senescência. Segundo Argenta; Mondardo (1994) e Scolaro (2012), maçãs 'Gala' colhidas em estádios avançado de maturação, após o aumento acentuado da produção de etileno, desenvolvem mais escurecimento da polpa durante a armazenagem que aquelas colhidas antes do aumento climatérico da produção de etileno. Assim, os resultados do presente estudo, em conjunto com aqueles previamente reportados, indicam que o escurecimento da polpa de maçãs 'Gala' possivelmente se deve a uma associação de senescência e dano por frio.

De acordo com Watkins et al. (1997), concentrações elevadas de CO<sub>2</sub> podem atuar sobre a enzima succinato desidrogenase, que participa do metabolismo respiratório, conduzindo a um acúmulo de ácido succínico, que é tóxico as células, interrompendo o ciclo dos ácidos tricarboxílicos, causando o escurecimento da polpa.

Em frutos de caroço, o desenvolvimento de escurecimento da polpa pode ocorrer devido ao comprometimento da permeabilidade seletiva das membranas, levando a

interação entre fenóis e oxidases de fenóis, associado à senescência de tecidos (LURIE; CRISOSTO, 2005).

O armazenamento refrigerado pode prevenir o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos, especialmente aqueles relacionados à senescência, ou induzir o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos associados ao dano por frio, mesmo quando os frutos são armazenados sob temperatura superior a temperatura de congelamento (ARGENTA, 2002). De acordo com Webster; Lidster (1986) a incidência de dano por frio em maçãs 'McIntosh' pode ser reduzida pelo incremento de fósforo.

Os efeitos dos tratamentos de temperatura e 1-MCP sobre a incidência de podridões não foram consistentes (foram distintos) nos diferentes experimentos.

Análises de grande volume de frutas acondicionadas em "bins" (rendimento de empacotamento) indicaram que o aumento da temperatura em 1,5 °C não afeta a incidência de podridões em maçãs colhidas em Fraiburgo, independentemente do tratamento com 1-MCP. Da mesma forma, a associação de aumento da temperatura em 1,1 °C e a aplicação de 1-MCP não afetaram significativamente o desenvolvimento de podridões em maçãs colhidas em São Joaquim, armazenadas em "bins". Por outro lado, verificou-se redução da incidência de podridões pelo aumento da temperatura de armazenagem em amostras de maçãs colhidas em Fraiburgo e São Joaquim e armazenadas em caixas (experimento 1 e 4, respectivamente), quando "não" tratadas com 1-MCP. Excepcionalmente, o aumento da temperatura resultou em aumento de podridões em maçãs 'Gala' e 'Imperial Gala' tratadas com 1-MCP (experimento 4).

De acordo com Kader (1985) a maturação em frutas e vegetais torna-os mais suscetíveis à infecção por patógenos. Autores demonstram que alta temperatura (2,5 °C), pelo menos durante os 40 dias iniciais de armazenagem, reduz a incidência de podridões (BRACKMANN; HUNSCHE; STEFFENS, 2000), e temperatura de -0,8°C agrava a incidência de podridões (BRACKMANN et al., 2010).

A utilização de 1-MCP não teve influência sobre a percentagem de frutos afetados por podridões em 3 dos 5 experimentos. No experimento 1, frutos colhidos 124 DAPF armazenados a -0,3 °C e tratados com 1-MCP apresentaram

menor incidência de podridões em relação aos frutos armazenados a  $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  não tratados com 1-MCP. Entretanto, frutos do experimento 5 armazenados a  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  apresentaram maior incidência de podridões quando tratados com 1-MCP

De acordo com Saftner et al. (2003), 1-MCP pode reduzir a incidência de podridões pós-colheita em maçãs 'Golden Delicious'. Porém, um estudo recente afirma que o 1-MCP tem efeito neutro sob a incidência de podridões durante o armazenamento de maçãs, sugerindo que diferenças na temperatura de armazenamento pode ser o principal fator que influencia na incidência de podridões (ERRAMPALLI; WAINMAN; DeELL, 2012).

A incidência de rachaduras foi mais evidente em frutos armazenados em temperaturas mais baixas e colhidos tardiamente. O tratamento com 1-MCP efetivamente reduziu a incidência de rachaduras após armazenagem em AC. Outros trabalhos reportaram o aumento da incidência de rachaduras em frutos colhidos tardiamente (ARGENTA; MONDARDO, 1994) e a eficácia do tratamento com 1-MCP na redução desse distúrbio (SCOLARO, 2012).

A perda de massa nos frutos provenientes da região de Fraiburgo não foi influenciada pela temperatura de armazenagem e tratamento com 1-MCP, concordando com os resultados obtidos para maçãs 'Gala', por McCormick; Neuwald; Streif (2012). Entretanto, frutos da região de São Joaquim armazenados em temperaturas mais altas ( $1,4$  e  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e tratados com 1-MCP apresentaram menores índices de perda de massa em relação aos frutos armazenados a  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  e não tratados com 1-MCP.

A produção de etileno e respiração foi reduzida pela associação de aumento da temperatura e tratamento com 1-MCP para frutos da região de São Joaquim. De acordo com McCormick; Neuwald; Streif (2010) e McCormick; Neuwald; Streif (2012), em frutos tratados com 1-MCP a produção de etileno é muito baixa e a respiração é reduzida pela metade em relação aos frutos não tratados. A inibição da síntese de etileno e redução da taxa respiratória em frutos tratados com 1-MCP tem sido evidenciada por vários trabalhos (AKBUDAK et al., 2009; DeEll et al., 2005; JUNG; WATKINS, 2008; SAFTNER et al., 2003). A redução da produção de etileno por meio do tratamento

com 1-MCP está relacionada à menor produção de transcritos das enzimas consideradas chave na regulação da síntese de etileno, 1-aminociclopropano carboxilase sintase e 1-aminociclopropano carboxilase oxidase, e dos receptores de etileno, ETR1 e ERS1 (DAL CIN et al., 2006).

O aumento da temperatura de 0,7 °C para 2,0 °C resultou na redução de consumo de energia em aproximadamente 21% para ventilação (calculado em KWH e horas) e 50% para refrigeração. McCormick; Neuwald; Streif (2012) constataram que o aumento temperatura em 2,5 °C (1,5 °C para 4,0 °C) em maçãs 'Gala' resultou na redução de 35% no consumo de energia.

Um dos problemas que mais afetam a qualidade de conservação pós-colheita de maçãs 'Gala' e seus clones é a incidência de escurecimento interno. De acordo com Argenta; Mondardo (1994) a incidência de escurecimento interno em maçãs 'Gala' pode estar relacionado ao processo de senescência associado ao dano por frio. Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o aumento da temperatura de armazenagem, associado ao uso de AC e 1-MCP reduziu a incidência de escurecimento da polpa nos frutos além de reduzir em até 50% o gasto com energia para refrigeração, indicando potenciais benefícios do aumento da temperatura associado a tecnologias complementares (1-MCP e AC) para a redução da incidência de danos por frio e conservação da qualidade de maçãs 'Gala'.

## 5 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstra que os efeitos do aumento da temperatura de armazenagem em 0,6 a 1,5 °C não são uniformes para diferentes atributos da qualidade de maçãs clones de 'Gala', e que alguns dos efeitos do aumento da temperatura de armazenagem dependem do tratamento com inibidor da ação do etileno, 1-MCP, e da origem dos frutos, associada a outras condições de armazenagem.

O aumento da temperatura de armazenagem em até 1,5 °C aumenta a conservação da firmeza da polpa, dependendo do tratamento com 1-MCP e/ou da origem dos frutos.

O aumento da temperatura não influencia nos valores de AT e SS.

O aumento da temperatura de armazenagem em 0,6 a 1,5 °C consistentemente reduz o desenvolvimento dos distúrbios caracterizados por escurecimento da polpa e rachadura da epiderme e da polpa.

A armazenagem de maçãs clones de 'Gala' em maiores temperaturas não afeta ou aumenta o desenvolvimento de podridões, dependendo do tratamento com 1-MCP e/ou da origem dos frutos.

O aumento da temperatura não influenciou a perda de massa ou reduziu a perda quando os frutos foram tratados com 1-MCP.

A produção de etileno e respiração foi reduzida pela associação de aumento da temperatura e tratamento com 1-MCP.

O aumento da temperatura pode reduzir o consumo de energia em aproximadamente 21% para ventilação e 50% para refrigeração.





## REFERÊNCIAS

ABANORTE. Associação Central dos Fruticultores do Norte de Minas. **Cadeia do Frio**. 2011. Disponível em:

'<<http://www.abanorte.com.br/noticias/cadeia-do-frio>>. Acesso em: 31 jan. 2013.

AKBUDAK, B. OZER, M.H.; ERTURK, U.; CAVUSOGLU, S. Response of 1-methylcyclopropene treated 'Granny Smith' apple fruit to air and controlled atmosphere storage conditions. **Journal of Food Quality**, Boston, v.32, n.1, p.18-33, 2009.

AMARANTE, C. V. T.; ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M.J.; STEFFENS, C.A. Alteração da eficiência do 1-MCP com o retardo na sua aplicação após a colheita em maçãs 'Fuji Suprema'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.984-992, 2010.

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

ARGENTA, L.C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 6, n. 2, p.135-140, 1994.

BARITELLE, A. L.; HYDE, G.M.; FELLMAN, J.K.; VARITH, J. Using 1-MCP to inhibit the influence of ripening on impact properties of pear and apple tissue. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, n.2, p.153-160, 2001.

BEN-ARIE, R., GAMRASNI, D., NERYA, O., AZANI, L., STERN, Y., WOLF, T., REGIROLI, G., 2010. **1-MCP (SmartFresh™) contributes to energy saving in apple storage**. Poster presented at 28<sup>th</sup> International Horticultural Congress, Lisbon, Portugal, Aug., 2010.

BENDER, R. J.; EBERT, A. **Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira**. Teste iodo-amido. Florianópolis: EMPASC, 1985. 6 p.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.1-25, 2003.

BRACKMANN, A.; ARGENTA, L.C.; MAZARO, S.M. Concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> na qualidade de maçãs (*Malus domestica* Bork) cv. Gala, armazenadas a 0,5° e 2,5°C. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.2, n.1, p.51-56, 1996.

BRACKMANN, A.; CERETTA, M.; PINTO, J.A.V.; VENTURINI, T.L.; LÚCIO, A.D.C. Tolerância de maçã 'Gala' a baixas temperaturas durante o armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.9, p.1909-1915, 2010.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; STEFFENS, C.A. Conservação da maçã 'Fuji' sob diferentes temperaturas, umidades relativas e momentos de instalação da atmosfera de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.81-84, 2000.

BROWN, G. Saving apple storage costs. **Aust. Fruit Grower**, [S. l.], v.5, n.1, p.19-21, 2011.

DAL CIN, V.; RIZZINI, F. M.; BOTTON, A.; TONUTTI, P. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.42, n.2, p.125-133, 2006.

DeELL, J.R.; MURR, D.P.; MUELLER, R.; WILEY, L.; PORTEOUS, M.D. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP), diphenylamine (DPA), and CO<sub>2</sub> concentration during storage on 'Empire' apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.38, n.1, p.1-8, 2005.

DeLONG, J.M.; PRANGE, R.K.; HARRISON, P.A. The influence of 1-methylcyclopropene on 'Cortland' and 'McIntosh' apple quality following long-term storage. **HortScience**, Alexandria, v.39, n.5, p.1062-1065, 2004.

DURONOVA, K.; MAROVA, I.; CERTIK, M.; OBRUCA, S. Changes in lipid composition of apple surface layer during long-term storage in controlled atmosphere. **Chemical Papers**, [S. l.], v.66, n.10, p.940-948, 2012.

EAST, A.R.; SMALE, N.J.; TRUJILLO, F.J. Potential for energy cost savings by utilising alternative temperature control strategies for controlled atmosphere stored apples. **International Journal of Refrigeration**, [S. l.], v.36, n.3, p.1109-1117, 2013.

ERRAMPALLI, D.; WAINMAN, L.I.; DeELL, J.R. Reduced risk control options for apple postharvest diseases in long-term storages. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.934, p.313-318, 2012.

FAN, X. T., BLANKENSHIP, S. M., MATTHEIS, J. P. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.6, p.690-695, 1999.

FAN, X.; MATTHEIS, J.P. Development of superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.47, n.8, p.3063-3068, 1999.

FAOSTAT. **Statistical databases**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 10 set. 2012.

JACOMINO, A.P.; KLUGE, R A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P.R.C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.2, p. 303-308, 2002.

JAMES, H.; BROWN, G.; MITCHAN, E.; TANNER, D.; TUSTIN, S.; WILKINSON, I.; ZANELLA, A.; JOBLING, J. Flesh browning in

pink lady™ apples: research results have helped to change market specifications for blush colour which is an added bonus for growers. **Acta Horticulturae**, [S. l.], n.687, p.175-180, 2005.

JOHNSTON, J.W.; HEWETT, Errol W.; HERTOOG, M.L.A.T.M.; HARKER, F.R. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, n.3, p. 185-196, 2001.

JUNG, S-K.; WATKINS, C.B. Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, n.1, p.45-52, 2008.

JUNG, S-K.; WATKINS, C.B. Involvement of ethylene in browning development of controlled atmosphere-stored 'Empire' apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.59, n.3, p.219-226, 2011.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, p. 99-104, 1986.

KADER, A.A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Davis: University of California, 2002. 535 p.

KE, D.; RODRIGUEZ-SINOBAS, L.; KADER, A.A. Physiology and prediction of fruit tolerance to low oxygen atmospheres. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, USA, v.116, n.2, p.253-260, 1991.

KNEE, M. **Fruit Quality and its Biological Basis**. Sheffield: Academic Press, 2000, 279 p.

KUPFERMAN, E. Controlled atmosphere storage of apples and pears. **Acta Horticulture**, Wellington, n.600, p.729-735, 2003.

KWEON, H-J.; KANG, I-K.; KIM, M-J.; LEE, J.; MOON, Y-S.; CHOI, C.; CHOI, D.G.; WATKINS, C.B. Fruit maturity, controlled atmosphere delays and storage temperature affect fruit quality

and incidence of storage disorders of 'Fuji' apples. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v.157, p.60-64, 2013.

LIDSTER, P. D. Low oxygen atmospheres o maintain apple quality in storage. In: RICHARDSON, D.G.; MEHERIUK, M. **Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities**. Oregon State University School of Agriculture, Timber Press, Beaverton, Ores, p. 109-120, 1982.

LITTLE, C.R.; HOLMES, R.J. **Storage Technology for Apples and Pears**. Australian Apples and Pears Growers Association Inc., 2000. 528 p.

LIU, Y., LANGER, V., HOGH-JENSEN, H., EGELYNG, H. Life cycle assessment of fossil energy use and green house gas emissions in Chinese pear production. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v.18, n.14, p.1423-1440, 2010.

LOCKHARDT, C. L. Influence of controlled atmosphere on the growth of *Gloeosporium album* in vitro. **Canadian Journal of Plant Science**, [S. l.], v.47, p.649–651, 1967.

LURIE, S.; CRISOSTO, C.H. Chilling injury in peach and nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.37, n.3, p.195-208, 2005.

LYONS, J.M. Chilling injury in plant. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, n.24, p.495-496, 1973.

MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B.C. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.96, n.1-4, p. 91-101, 2002.

MATTHEIS, J.P. How 1-methylcyclopropene has altered the Washington State apple industry. **HortScience**, Alexandria, v.43, n.1, p.99-101, 2008.

McCORMICK, R.; NEUWALD, D.A.; STREIF, J. A case study: Potencial energy savings using 1-MCP with 'Gala' apples in commercial CA storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.877, p.323-326, 2010.

McCORMICK, R.; NEUWALD, D.A.; STREIF, J. Commercial apple CA storage temperature regimes with 1-MCP (Smart Fresh™): Benefits and risks. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.934, p.263-270, 2012.

MEHERIUK, M., PRANGE, R.K. LIDSTER, P.D., PORRITT, S.W. **Postharvest disorders of apples and pears**. Agriculture Canada Publication1737E. Communications Branch, Agriculture Canada Ottawa, Ont. K1A 0C7, 1994, 66p.

MINAS, I.S.; CRISOSTO, G.M.; HOLCROFT, D.; VASILAKAKIS, M.; CRISOSTO, C.H. Postharvest handling of plums (*Prunus salicina* Lindl.) at 10°C to save energy and preserve fruit quality using an innovative application system of 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.76, n.1, p.1-9, 2013.

MIQUELOTO, A.; AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; SANTOS, A.; MIQUELOTO, T.; SILVEIRA, J.P.G. Atributos fisiológicos, físico-químicos e minerais associados à ocorrência de "bitter pit" em maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.7, p.689-696, 2011.

MORAN, R.E.; McMANUS, P. Firmness retention, and prevention of coreline browning and senescence in 'Macoun' apples with 1-methylcyclopropene. **HortScience**, Alexandria, v.40, n.1, p.161-163, 2005.

PRANGE, R.K.; DeLONG, J.M.; DANIELS-LAKE, B.J.; HARRISON, P.A. Innovation in controlled atmosphere technology. **Stewart Postharvest Review**, London, v.1, n.3, p.1-14, 2005.

SAFTNER, R.A.; ABBOTT, J.A.; CONWAY, W.S.; BARDEN, C.L. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in 'Golden Delicious' apples. **Journal of**

**the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.128, n.1, p.120-127, 2003.

SCHWARZ, A. Relative humidity in cool stores: measurement, control and influence of discreet factors. **Acta Horticulturae**, [S. l.], n.368, p.867-892, 1994.

SCOLARO, A.M.T. **Manejo da maturação da planta e conservação da qualidade de maçãs pela inibição da síntese ou ação do etileno**. 2012. 85 f. Dissertação (Pós-Graduação em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

SHOLBERG, P.L.; CONWAY, W.S. Postharvest pathology. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**, Agriculture Handbook Number 66, United States Department of Agriculture, 2004

SPOTTS, R.A.; PETERS, B.B. The effect of relative humidity on spore germination of pear decay fungi and 'd'Anjou' pear decay. **Acta Horticulturae**, [S. l.], n.124, p.75-78, 1981.

STEFFENS, C.; ESPÍNDOLA, B.P.; AMARANTE, C.V.T.; SILVEIRA, J.P.G.; CHECHI, R.; BRACKMANN, A. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs "Gala" em função do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1864-1870, 2008.

STREIF, J. Ripening management and postharvest fruit quality. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.858, p.121-129, 2008.

STREIF, J.; KITTEMANN, D.; NEUWALD, D.A.; McCORMICK, R.; XUAN, H. Pre- and post-harvest management of fruit quality, ripening and senescence. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.877, p.55-68, 2010.

THOMPSON, A.K. **Controlled atmosphere storage of fruits & vegetables**. 2<sup>nd</sup> ed. Wallingford: CAB Internacional, 2010.

WANG C.Y. Chilling and freezing injury. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**, Agriculture Handbook Number 66, United States Department of Agriculture, 2004.

WATKINS, C.B. Principles and practices of postharvest handling and stress. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I.J. **Apples: Botany, production and uses**. Wallingford: CABI Publishing, p.585-614, 2003.

WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Kidlington, v.24, n.1, p.389-409, 2006.

WATKINS, C.B. The effect of 1-MCP on the development of physiological storage disorders in horticultural crops. **Stewart Postharvest Review**, London, v.3, n.2, p.1-6, 2007.

WATKINS, C.B. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v.43, n.1, p.86-94, 2008.

WATKINS, C.B.; BURMEISTER, D.M.; ELGAR, H.J.; FU, W.L. A comparison of two carbon dioxide-related injuries of apple fruit. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, v.2, p.119-124, 1997.

WATKINS, C.B.; KUPFERMAN, E.; ROSENBERGER, D.A. Apple. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**, Agriculture Handbook Number 66, United States Department of Agriculture, 2004.

WATKINS, C.B.; LIU, F.W. Temperature and carbon dioxide interactions on quality of controlled atmosphere-stored 'Empire' apples. **HortScience**, Alexandria, v.45, n.11, p.1708-1712, 2010.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, B.D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and



controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v.19, n.1, p.17-32, 2000.

WATKINS, C.B.; MILLER, W.B. **A summary of physiological processes or disorders in fruits, vegetables and ornamental products that are delayed or decreased, increased, or unaffected by application of 1-methylcyclopropene (1-MCP)**. New York: Department of Horticulture, Cornell University, Ithaca, 2005. Disponível em: <<http://www.hort.cornell.edu/mcp/>>. Acesso em 18 jul. 2013.

WEBSTER, D.H.; LIDSTER, P.D. Effects of phosphate sprays on McIntosh apple fruit and leaf composition, flesh firmness and susceptibility to low-temperature disorders. **Canadian Journal of Plants Science**, Ottawa, v.66, n.3, p.617-626, 1986.

WILLS, R.H.H. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Universidade de Indiana: Avi Pub. Co., 1981.