



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE - CEO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Avaliação da influência da adição
de 1-Metilciclopropeno sobre a firmeza de
maçãs: Uma meta-análise**

SUZINEIA APARECIDA SILVA STOFFEL

PINHALZINHO, 2020

SUZINÉIA APARECIDA SILVA STOFFEL

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO
SOBRE A FIRMEZA DE MAÇÃS DE DIFERENTES CULTIVARES: UMA META-
ANÁLISE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade do
Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial
para obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia
em Alimentos.

Orientador: Weber da Silva Robazza

Coorientador: Cristiano André Steffens

**PINHALZINHO
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Stoffel, Suzinéia Aparecida Silva

Avaliação da influência da adição de 1-Metilciclopropeno sobre a firmeza de maçãs de diferentes cultivares: Uma meta-análise / Suzinéia Aparecida Silva Stoffel. -- 2020.
84 p.

Orientador: Weber da Silva Robazza

Coorientador: Cristiano André Steffens

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Chapecó, 2020.

1. Meta-análise. 2. Maçãs. 3. 1-Metilciclopropeno. 4. Firmeza. 5. Heterogeneidade. I. Robazza, Weber da Silva. II. Steffens, Cristiano André. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

SUZINÉIA APARECIDA SILVA STOFFEL

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO
SOBRE A FIRMEZA DE MAÇÃS DE DIFERENTES CULTIVARES: UMA META-
ANÁLISE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca Examinadora

Orientador:



Prof. Dr. Weber da Silva Robazza
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Membros



Prof. Dr. Alessandro Cazonatto Galvão
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)



Prof. Dr. Daniel Angelo Longhi
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

PINHALZINHO, Agosto de 2020

Dedico este trabalho a meu pai.

AGRADECIMENTOS

Dizer obrigada, às vezes, não é o suficiente para agradecer a tão amável e gentil pessoa que nos momentos das nossas vidas, aqueles mais confusos e difíceis, nos estende a mão amiga, nos oferece amparo e nos motiva a continuar.

Respeito, Admiração e Gratidão Professor Weber da Silva Robazza.

RESUMO

No presente estudo, uma meta-análise para avaliar o efeito da adição de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre a firmeza de maçãs foi realizada. Oitenta e cinco conjuntos de dados provenientes de 30 estudos diferentes foram selecionados. Devido à grande heterogeneidade dos conjuntos de dados, optou-se por aplicar o modelo de efeitos aleatórios aos dados. Após a aplicação de diferentes testes estatísticos, verificou-se que 7 conjuntos de dados obedeciam aos requisitos de heterogeneidade. O efeito global da adição de 1-MCP consistiu na redução da perda de firmeza da maçã em aproximadamente 0,9% por dia. Os resultados sugeriram que a cultivar da maçã e a concentração de 1-MCP influem na velocidade de perda de firmeza, mas estes resultados não puderam ser validados devido à baixa quantidade de dados para algumas variedades de maçã/doses de 1-MCP. Estes resultados podem ser úteis para se obter um entendimento quantitativo do efeito da adição de 1-MCP sobre atributos de qualidade de maçãs.

Palavras-chave: Meta-análise. Maçãs. 1-Metilciclopropeno. Firmeza. Heterogeneidade.

ABSTRACT

In this study, a meta-analysis to evaluate the influence of the addition of 1-methylcyclopropene on the firmness of apples was conducted. Eighty five datasets were selected from 30 different studies. Because of the large heterogeneity of the datasets, a random effects model was fitted to the datasets. After the application of different statistical tests to measure the heterogeneity, it was obtained that 7 datasets satisfied the standard recommendations of heterogeneity. The overall effect of the addition of 1-MCP consisted in the reduction of firmness loss of the apples of approximately 0.9%/day. Results suggested that the apple cultivar and the concentration of 1-MCP affect the rate of firmness loss. However, these results could not be statistically validated due to the low amount of data available for some apples cultivars/concentrations of 1-MCP. Such results can be useful to provide a quantitative evaluation of the effect of the addition of 1-MCP on apple quality attributes.

Keywords: Meta-analysis. Apples. 1-Methylcyclopropene. Firmness. Heterogeneity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fórmula química do 1-metilciclopropeno (C_4H_6).....	28
Figura 2 – Diagrama de <i>Word Cloud</i> obtido com as palavras-chave de 100 artigos utilizados neste estudo.....	39
Figura 3– <i>Forest plot</i> ilustrativo contendo os 25 primeiros conjuntos de dados analisados....	40
Figura 4 – <i>Forest plot</i> obtido após a eliminação dos <i>outliers</i> considerando o modelo de efeitos fixos.....	42
Figura 5 – <i>Forest plot</i> obtido após a eliminação dos <i>outliers</i> considerando o modelo de efeitos aleatórios.....	43
Figura 6 – Diagrama de Baujat gerado com os 85 conjuntos de dados originais.....	43
Figura 7 – Diagrama GOSH gerado com um milhão de combinações aleatórias de subconjuntos dos 85 conjuntos de dados originais.....	44
Figura 8 – <i>Funnel plot</i> obtido para os 85 conjuntos de dados originais.....	45
Figura 9 – <i>Funnel plot</i> obtido para os 7 conjuntos de dados restantes após a eliminação dos <i>outliers</i> de acordo com o modelo de efeitos aleatórios.....	45
Figura 10 – Distribuição das variedades de maçã nos diferentes estudos.....	46
Figura 11 – Distribuição de concentrações de 1-MCP empregadas nos diferentes estudos.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maças frescas: produção e distribuição por países produtores.....	19
Tabela 2 – Composição nutricional de diversas variedades de maçã por 100 g.....	21
Tabela 3 – Composição nutricional da Maçã cultivar Fuji crua.....	21
Tabela 4 – Estudos selecionados para a meta-análise e número de curvas de cada artigo.....	33

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. A PERSPECTIVA HISTÓRICA DA MAÇÃ.....	16
3.2. PRODUÇÃO E CONSUMO DE MAÇÃS NO CENÁRIO INTERNACIONAL E BRASILEIRO.....	18
3.3. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE.....	20
3.4. TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DA TEXTURA EM MAÇÃS.....	23
3.5. ETILENO E O USO DE BLOQUEADOR 1-METILCICLOPROPENO.....	26
3.5.1. Etileno: Características gerais e biossíntese.....	27
3.5.2. 1-Metilciclopropeno (1-MCP).....	28
3.6. META-ANÁLISE E SUA UTILIZAÇÃO EM MAÇÃS.....	30
3.6.1. Meta-análise: Conceito e principais características.....	30
3.6.2. Uso de meta-análise em estudos com maçãs.....	31
4. METODOLOGIA.....	33
4.1. SELEÇÃO DOS ESTUDOS.....	33
4.2. META-ANÁLISE.....	34
4.2.1. Efeito de tamanho.....	34
4.2.2. Modelo de efeitos fixos.....	35
4.2.3. Modelo de efeitos aleatórios.....	35
4.2.4. Heterogeneidade entre estudos.....	36
4.2.5. Forest Plot.....	37
4.2.6. Análise de influência.....	38
4.2.7. Análise do display gráfico de heterogeneidade (GOSH).....	38
4.2.8. Funnel plot.....	38
4.2.9. Análise de subgrupos.....	39
4.3. AJUSTE DA FIRMEZA.....	39
4.4. ANÁLISE DE ESTATÍSTICA.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40

5.1. DIAGRAMA DE NUVEM DE PALAVRAS.....	40
5.2. META-ANÁLISE.....	40
5.2.1. Forest Plot.....	40
5.2.2. Diagrama de Beujat.....	43
5.2.3. Diagrama GOSH.....	44
5.2.4. Funnel Plot.....	44
5.2.5. Análise de subgrupos: influência da variedade da maçã.....	45
5.2.6. Análise de subgrupos: influência da dose de 1-MCP.....	46
6. CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICES.....	70
APÊNDICE A – SAÍDA OBTIDA APÓS O CÁLCULO DOS MODELOS DE EFEITO FIXO E ALEATÓRIO PARA OS 85 CONJUNTOS DE DADOS.....	70
APÊNDICE B – SAÍDA OBTIDA APÓS O CÁLCULO DOS MODELOS DE EFEITO FIXO E ALEATÓRIO PARA OS 8 CONJUNTOS DE DADOS RESTANTES APÓS A ELIMINAÇÃO DOS OUTLIERS.....	73
APÊNDICE C – SAÍDA OBTIDA APÓS O CÁLCULO DOS MODELOS DE EFEITO FIXO E ALEATÓRIO PARA OS 7 CONJUNTOS DE DADOS RESTANTES APÓS A ELIMINAÇÃO DOS OUTLIERS.....	74
APÊNDICE D – PARTE DA SAÍDA OBTIDA APÓS A ANÁLISE DOS EFEITOS DE TAMANHO E HETEROGENEIDADE POR SUBGRUPO VARIEDADE DA MAÇÃ.....	80
APÊNDICE E – PARTE DA SAÍDA OBTIDA APÓS A ANÁLISE DOS EFEITOS DE TAMANHO E HETEROGENEIDADE POR SUBGRUPO DOSE DE 1-MCP.....	83

1 INTRODUÇÃO

A maçã (*Malus x domestica* Borkh.) é uma das frutas mais populares, sendo seu consumo fortemente recomendado para uma dieta saudável (PUTNIK; BURSAC KOVACEVIC; DRAGOVIC-UZELAC, 2016). Este produto contribui de forma relevante para o mercado internacional de frutas e hortaliças minimamente processadas, movimentando muitos milhões de dólares em vendas anualmente no mercado internacional (WANG; FENG; LUO, 2007). Essa fruta está diretamente relacionada a uma dieta saudável devido ao seu alto teor de potássio e de fibras, sendo seu consumo indicado para a manutenção da saúde. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de maçãs, mas há um grande desperdício dos produtos *in natura* devido aos altos padrões de exigência do mercado (ZARO, 2018). Os países em desenvolvimento possuem expressivas perdas após colheita, que podem representar 50% ou mais de seus produtos colhidos (GUSTAVSSON et al., 2011). Desta forma, o estudo de métodos que possibilitem a prorrogação da vida útil deste produto de forma a diminuir o desperdício, bem como, que proporcionem lucro para o produtor são fundamentais para ganhos de produtividade no setor.

Do ponto de vista fisiológico, a maçã é uma fruta climatérica, a qual é afetada pelo etileno e sofre um aumento significativo na sua taxa de respiração e na produção deste composto durante sua maturação pós-colheita. Isto ocasiona a perda da qualidade do fruto, já que prejudica as propriedades organolépticas e sensoriais, diminuindo a vida útil do produto (YANG et al., 2013). Alterações como esverdeamento, formação de compostos voláteis e redução da acidez também são comumente observadas (YANG et al., 2013). Em particular, é bem conhecido que o etileno acelera o processo de amadurecimento de diversas frutas no período pós-colheita (GWANPUA; QIAN; EAST, 2018). Portanto, alternativas que sejam capazes de alterar este mecanismo de degradação, podem prolongar a vida útil das maçãs e propiciar seu armazenamento por um período maior, de forma a proporcionar sua oferta durante o ano todo (BRACKMAN et al., 2004).

Neste contexto, o uso do 1-metilciclopropeno (1-MCP) como agente inibidor da ação do etileno tem sido estudado com frequência e pode ser uma alternativa potencial para retardar o processo de maturação das maçãs, bem como de outras frutas (LU et al., 2018). Este composto pode ser utilizado na forma de pó, sendo liberado quando misturado a uma solução básica ou água (BRACKMAN et al., 2004). Uma das propriedades deste composto é que ele afeta a composição e estrutura da cera presente nas cascas das maçãs de forma a alterar as características pós-colheita das frutas (LI et al., 2017a).

Devido à grande quantidade e heterogeneidade dos resultados apresentados nos diferentes estudos, ainda não se tem um entendimento detalhado do mecanismo de ação do 1-MCP sobre o etileno e como ele afeta a deterioração da maçã. Portanto, se faz necessário um levantamento estatístico dos diferentes trabalhos e do efeito global da adição do 1-MCP sobre diferentes variedades de maçã. Nesse contexto, um estudo meta-analítico pode contribuir para uma avaliação e, posterior validação estatística dos resultados, de modo a proporcionar informações que poderão contribuir para a otimização da produção de maçãs com ganhos econômicos e sociais para o produtor.

2 OBJETIVOS

Esta seção contém os objetivos gerais e específicos da presente dissertação.

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, através de um estudo meta-analítico, o efeito exercido pela adição de 1-MCP sobre a firmeza de maçãs.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da concentração de 1-MCP sobre a firmeza das maçãs.
- Verificar quais variedades de maçãs são mais sensíveis à adição de 1-MCP.
- Identificar e eliminar as fontes de heterogeneidade na meta-análise.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segue uma revisão bibliográfica dos temas abordados na presente dissertação.

3.1 A PERSPECTIVA HISTÓRICA DA MAÇÃ

Evidências arqueológicas indicam que há 11.200 anos, no período Neolítico e na Idade do Bronze, já havia coletas de maçãs silvestres (*Malus sylvestris*). No entanto, por possuírem intenso amargor, elas eram cozidas ou desidratadas antes de serem consumidas (FERREE; WARRINGTON, 2003). A partir dessas maçãs (*Malus sieversii* e *Malus pumila*) oriundas do antigo Turquistão, as variedades de maçãs domésticas evoluíram ao longo do tempo. Ainda são observadas muitas variedades de maçãs nessa região, principalmente no centro e região Sul da China, local conhecido por dar origem à maçã doméstica.

De acordo com Juniper e Mabberley (2006), acredita-se que o gênero *Malus* tenha sido colonizado e alvo de migrações, há cerca de três milhões de anos, na China. Estima-se que essa migração tenha ocorrido pelo corredor Turco, prolongando-se da China pelo Mediterrâneo, com diversas invasões no Norte da Sibéria. Os primeiros registros de pomares são de aproximadamente 3.100 anos atrás e situavam-se na Síria (antiga Assíria) e, também nos Jardins da Babilônia, há cerca de 2.600 anos. Os Jardins da Babilônia, em meados dos anos 500 a.C, ricos e sofisticados na agricultura e hortifruticultura, ocuparam a Mesopotâmia e estenderam-se da Grécia à Índia (FERREE; WARRINGTON, 2003). Esta expansão contribuiu para a disseminação da maçã, já que a Mesopotâmia é considerada o mais antigo centro de hortifruticultura mundial.

Juntamente com a ocupação romana, as macieiras foram introduzidas na Península Ibérica. No século VII com a invasão árabe, outras variedades foram acrescentadas, dispersando-se mais tarde por inúmeras regiões de Portugal (LEMOS et al., 2009). Atualmente, diversas variedades de maçãs presentes em Portugal e em alguns países da Europa, mantêm suas produções pela destreza das macieiras em se adaptar aos variados climas, especialmente frios (NEVES; LOPES, 2000). Brogdale, Kent, situada na Inglaterra, por exemplo, é responsável pelo maior número de variedade de maçãs existentes mundialmente, sendo mais de 3.500 variedades cultivadas (MC AUSLAND, 2009).

No Brasil, acredita-se que a pomicultura teve início em 1926, na cidade de Valinhos, estado de São Paulo. Entre meados de 1930 e 1940, Albino Brueckner foi responsável pela seleção de uma variedade nomeada de “Brasil” ou “Brueckner do Brasil”, provavelmente

oriunda da cultivar Gravensteiner. Pesquisas isoladas com cultivares frutíferas, inclusive a maçã, iniciaram desde então, especialmente nos estados de São Paulo e Santa Catarina. Em 1958, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC/São Paulo) com pesquisas mais duradouras e consistentes, selecionou a cultivar Rainha (IAC 8-31), conforme descrito por Bleicher (2002).

Já no final dos anos 50, os irmãos Frey de Fraiburgo, Santa Catarina, ao se depararem com a decadência da atividade madeireira, investiram na implantação da fruticultura moderna naquele município (BRANDT, 2004). Em parceria com especialistas em fruticultura da Argélia, a família Frey criou a Sociedade Agrícola Fraiburgo (SAFRA), designada pioneiramente à produção de uva e vinho (BRANDT, 2004). No decorrer dos anos 1960 e 1970, com auxílio de especialistas internacionais, a SAFRA indicou apenas três variedades de maçã para o cultivo comercial brasileiro: Gala, Belgolden e Fuji. Dessa forma, a partir de 1976, a sociedade intensificou o plantio dessas variedades em grandes áreas, em moldes comerciais, seguindo o modelo europeu.

Em Santa Catarina, um grande desenvolvimento da pomicultura de forma verticalizada se deu a partir de meados da década de 1970. Através de um eficiente e moderno arranjo de produção, armazenamento, beneficiamento e distribuição, foi possível o abastecimento do ascendente mercado interno. Desde então, a pomicultura vem ganhando espaço de maneira expressiva no mercado externo (BRANDT, 2005). Na sequência, de acordo com Pereira, Simioni e Cario (2006), o desenvolvimento da pomicultura brasileira, especialmente da catarinense, pode ser dividido nos seguintes marcos:

- Estruturação: Período que se estendeu até o término dos anos 80, com destaque para o expressivo aumento da produção e da área de plantio. Além disso, houve uma importante conquista do mercado interno com consequente queda das importações. Entre 1980 e 1986, houve diminuição de mais de 50% das importações de maçãs, reduzindo de 73,6% do consumo interno para aproximadamente 30%;
- Intensificação e estabilização: Por toda a década de 90, esse período foi marcado por repetitivos acréscimos produtivos, que intensificaram e consolidaram o fornecimento interno da maçã brasileira. No mesmo momento, também foi observado amadurecimento nas etapas para sua exportação.
- Reestruturação da produção: O final da década de 90, foi marcada pela implantação de programas de integração para a produção das maçãs, visando, principalmente, à melhoria dos produtos (mais limpos) e à utilização de sistemas mais sustentáveis de produção. A partir dos anos 2000, a certificação dos pomares foi implementada, com

o intuito de produzir maçãs de melhor qualidade, ou seja, seguras alimentar e ambientalmente.

Dentre as diversas variedades existentes, destacam-se a Gala e a Fuji. Essas variedades representam mais de 90% da produção de maçãs do Brasil. No decorrer de muitos anos, a variedade “Gala” tem sido a mais cultivada nacionalmente, com exceção do ano de 2017 em que a Fuji ultrapassou seu volume de produção (KIST et al., 2018). A seguir, segue um breve histórico sobre cada uma dessas duas variedades de suma importância para a pomicultura brasileira.

Oriunda do cruzamento das variedades Kidd’s Orange Red com Golden Delicious realizado pelo melhorista J. H. Kidd em 1924, a variedade “Gala” é originária da Nova Zelândia. Em 1962 foi nomeada e difundida em plantio comercial a partir de 1965 (CAMILO; DENARDI, 2006). Seus frutos são de coloração vermelha com tamanho mediano (peso médio entre 150g a 200g) e uniforme e para maturação adequada, recomenda-se os meses de janeiro a março (USHIROZAWA, 1978; FIORAVANÇO et al., 2010). As principais características a serem frisadas são: floração e frutificação efetiva abundante, boa resistência, baixa possibilidade de alternância produtiva, frutos com baixo *russetting* – camada de cortiça desenvolvida na epiderme com aspecto rugoso ao fruto (STEENKAMP; VAN ZYL; WESTRAAD, 1984) – e excelente qualidade organoléptica, conforme destacam Yuri e Martines Filho (1999) e Fioravanço et al. (2010).

A cultivar “Fuji”, por sua vez, é oriunda no cruzamento da Ralls Janet com Delicious realizado pelo melhorista H. Niitsu e originária do Japão, no final dos anos 1930. Foi nomeada no início dos anos 60, após ter sido selecionada quatro anos antes, mas somente em 1967 chegou ao Brasil (CAMILO; DENARDI, 2006). De tamanho médio a grande e epiderme com coloração vermelha e suavemente estriada, os frutos dessa variedade têm sua maturação aproximadamente nas primeiras semanas do mês de abril (RIBEIRO, 1985). Dentre as principais características de qualidade, possui frutos com sabor adocicado, além de ser pouco ácida, crocante, suculenta e apresentar um aroma suave (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004; IGLESIAS; ECHEVERRÍA; LOPEZ, 2012).

3.2 PRODUÇÃO E CONSUMO DE MAÇÃS NO CENÁRIO INTERNACIONAL E BRASILEIRO

De acordo com dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2017), no cenário internacional, a pomicultura é responsável por valores excedentes a 58 milhões de toneladas

produzidas. Deste total, mais de 49% se concentram no continente asiático, mais precisamente na China (FAO, 2017; ZHANG et al., 2018). De acordo com a USDA (*United States Department of Agriculture*), a produção mundial estimada para 2018/19 é de mais de 5,7 milhões de toneladas, produção inferior em relação ao ano anterior, bem como, o nível mais baixo em 8 anos. Esta queda se deve, principalmente, às perdas substanciais ocorridas na China, ocasionadas por condições climáticas adversas, aumentando os ganhos da União Europeia (USDA, 2019).

Nesse sentido, ainda de acordo com estimativas da USDA (2019), para a safra 2018/19, o Brasil com aproximadamente 1.049 toneladas, ocupa o 10º lugar nessa produção, sendo que a China (31.000 toneladas), União Europeia (14.009 toneladas) e os Estados Unidos (5.048 toneladas) lideram esse ranking (USDA, 2019). Esses valores podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Maçãs frescas: produção e distribuição por países produtores (1.000 toneladas métricas).

Produção	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19 (Dez.)	2018/19 (Jun.)
China	37.350	38.900	40.393	41.390	31.000	31.000
União Europeia	13.363	12.453	12.723	10.014	14.009	14.009
Estados Unidos	5.112	4.546	5.010	5.085	5.048	5.048
Turquia	2.289	2.740	2.900	2.750	3.000	3.000
Irã	2.500	2.799	2.799	2.799	2.799	2.799
Índia	2.498	2.520	2.258	1.920	2.300	2.300
Rússia	1.409	1.311	1.509	1.360	1.503	1.503
Chile	1.210	1.335	1.310	1.330	1.250	1.264
Ucrânia	1.180	1.099	1.099	1.099	1.099	1.099
Brasil	1.265	1.049	1.049	1.049	1.049	1.049
Outros	5.688	5.732	5.680	5.555	5.588	5.616
Total	74.136	74.484	76.731	74.350	68.645	68.687

Fonte: Adaptado de USDA, 2019.

Apesar de ser uma atividade relativamente nova no país, em menos de 20 anos de produção, a pomicultura do Brasil passou de importadora à exportadora da fruta (VASQUES et al., 2006). Quatro variedades são responsáveis pela maior parte dessa produção: Gala, Fuji, Golden Delicious e Granny Smit. De acordo com levantamento realizado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), nos últimos cinco anos, a variedade Gala representou aproximadamente 56% da área de cultivo e é a primeira a ser colhida, no mês de fevereiro (AMARANTE; STEFFENS; ERNANI, 2010; THEWES et al.,

2015a). Na sequência, a variedade Fuji representa cerca de 39% da área cultivada e tem sua colheita realizada no mês de abril por sua maior resistência à frigoconservação. O restante das cultivares representam 5% do total produzido (KIST et al., 2019).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Maçãs (ABPM), no ano de 2018, a produção de maçãs foi de 1,1 milhão de toneladas e mais de 33 mil hectares colhidos, inferior ao ano anterior com aproximadamente 1,3 milhões de toneladas (KIST et al., 2018). Totalizando mais de 99% dessa produção, a pomicultura concentra-se na região Sul do país. Responsáveis por mais de 95% dessa produção, o estado de Rio Grande do Sul e Santa Catarina produziram 638.351 e 577.774 toneladas, respectivamente, na safra de 2016/17, seguidos pelo Paraná com 29.700 toneladas produzidas (IBGE, 2018; KIST et al., 2018). Por outro lado, as estatísticas da safra de 2018, indicam a liderança do estado de Santa Catarina com 52,6% do total produzido nacionalmente, seguido pelo Rio Grande do Sul com 44,8% (KIST et al., 2019). Em Santa Catarina, destacam-se as regiões de Fraiburgo e São Joaquim como as maiores produtoras.

Atrás apenas da banana e da laranja, a maçã é um dos frutos mais consumidos no Brasil. No último levantamento de consumo realizado em 2017, o consumo *per capita* com base na oferta deste fruto, apresentou um aumento de aproximadamente 19% em relação ao levantamento anterior (2008). Sendo de 5 quilos por habitante para o ano de 2017, em relação a 4,2 quilos para o ano de 2008. Há expectativa de maiores dados de consumo para 2019 e anos seguintes, além do alcançado no ano de 2018 que movimentou na comercialização interna aproximadamente R\$ 1,65 bilhão (KIST et al., 2017; 2018).

Nos últimos anos, a maçã brasileira vem conquistando elegantemente o mercado externo, tendo sua fruta e suco já consumidos em diversos países, como Portugal, Reino Unido, França, Estados Unidos da América e Japão (TORALLES, 2019). Quanto à exportação desse fruto, no ano de 2017, o Brasil alcançou 55,4 mil toneladas de frutos exportados e um lucro de US\$ 41,9 milhões. No mesmo ano, para o suco de maçã exportado, foram observados um total de 17,1 mil toneladas exportadas e um montante para o país de US\$ 19,2 milhões (KIST et al., 2018).

3.3 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE

A maçã possui uma rica composição nutricional e funcional, além de trazer inúmeros benefícios para a saúde de quem as consome regularmente. De modo geral, essa fruta é fonte de fibra, vitamina C e antioxidantes (ALMEIDA; PINTADO; MALCATA, 2008).

Dependendo da cultivar, distintas características em sua composição centesimal podem ser observadas, como variações de cor, pH, textura e/ou de características sensoriais. Dessa forma, o conhecimento da composição nutricional de variedades de interesse e mais disponíveis no mercado é muito importante.

Dentre as diversas variedades existentes, distintas características organolépticas, valor nutritivo e teor de compostos benéficos à saúde, bem como, aptidões culinárias podem ser observadas. A seguir na Tabela 2, dados da composição nutritiva de diversas variedades encontradas em Alcobaça, estado da Bahia, baseados no peso fresco dessa fruta (conjunto de casca e polpa), estão ilustrados:

Tabela 2 – Composição nutricional de diversas variedades de maçã por 100 g.

Variedade	Energia (kcal)	Água (g)	Fibra	Hidratos carbono	Proteína	Gordura	Cinza
Casa Nova	53,4	83,6	2,7	15,7	0,30	0,13	0,23
Golden Delicious	49,6	86,6	1,5	12,8	0,33	0,10	0,18
Granny Smith	45,2	87,7	1,9	11,5	0,47	0,10	0,20
Jonagold	54,1	82,7	2,2	16,7	0,27	0,10	0,19
Reineta	61,2	81,7	2,4	17,5	0,47	0,10	0,28
Galaxy	53,4	84,7	1,8	14,6	0,40	0,10	0,24
Starking	52,2	84,3	2,0	15,1	0,33	0,10	0,20
Média	52,7	84,5	2,1	14,9	0,37	0,10	0,22

Fonte: Adaptado de Almeida; Pintado; Malcata, 2008.

Dentre os dados ilustrados na Tabela 2, destacam-se um teor calórico médio de 53 kcal/100g, teor médio de fibra de 2,1 g/100g e um baixo teor de gordura existente neste fruto (0,115 g/100g), que fundamentam os benefícios frisados nos tópicos que seguem. A Tabela 3 traz a composição centesimal da cultivar Fuji, baseada na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011). Vale salientar a branda variação na composição das diversas cultivares ilustradas, mantendo sua qualidade e benefícios independente da variedade.

Tabela 3 – Composição nutricional da Maçã cultivar Fuji crua.

Composição centesimal	Valor por 100g
Umidade (%)	84,3
Energia (kcal)	56,0
Proteína	0,3
Lipídeo	0,0

Carboidrato	15,2
Fibra	1,3
Cinzas	0,2

Fonte: Adaptado de TACO, 2011.

Com relação à constituição desse fruto, observa-se 94,5% de casca e polpa, 4,4% de semente e 1% de centro. Contém ainda, aproximadamente 80% de umidade, 14% de sólidos solúveis, dentre eles a glicose, frutose, sacarose e os ácidos orgânicos. Sua fração fibrosa, corresponde com aproximadamente 11,6 a 44,5%, sendo dividida em celulose, lignina, pectina e hemicelulose, sendo 12 a 23,2%, 6,4 a 19%, 3,5 a 18% e 5 a 6,2%, respectivamente (FERTONANI et al., 2006). Como já mencionado, a maçã é uma rica fonte de vitamina C, sendo o ácido ascórbico na sua forma reduzida e o ácido dehidroascórbico na sua forma oxidada. A elevada suscetibilidade à degradação (facilidade de oxidação) faz com que o ácido ascórbico seja parâmetro na avaliação de adequadas condições de manuseio, estocagem e processamento de alimentos (EGEA, 2010).

Além disso, é rica em antioxidantes com função de proteção contra oxidação e, dessa forma, proteção da saúde humana (ALMEIDA; PINTADO; MALCATA, 2008). Ainda de acordo com os autores, a ação antioxidante da casca da maçã é extremamente superior em relação à da sua polpa, reforçando a necessidade do consumo com casca. Isso se deve, principalmente, pelos pigmentos encontrados na casca, como antocianinas e carotenos. Importante grupo de antioxidantes lipossolúveis, os carotenoides são responsáveis pela coloração amarelada observadas em algumas variedades. O organismo humano tem a capacidade de converter alguns desses carotenoides em vitamina A, a qual é importante na prevenção da hipovitaminose e em consequentes síndromes oculares (BENDICH; LANGSETH, 1989). Já as antocianinas, responsáveis pela coloração avermelhada da casca de algumas cultivares, compõem um subgrupo dos flavonoides, também com ação antioxidante dos frutos. Esses flavonoides são os principais fitoquímicos desse fruto. Dentre eles, a quercetina e a rutina se destacam, sendo encontradas apenas na casca com alta atividade antioxidante.

A maçã também possui compostos fenólicos, como o ácido clorogênico e seus ésteres (catequinas), todos relacionados à sensação de amargor e alteração na aparência do fruto. Esses compostos são oxidados, através do sistema de polifenoloxidase intrínseco da fruta, a estruturas melanoidínicas. Neste sentido, a nível industrial, quantidades excedentes a 200 ppm oferecem característica amarga ao fruto, especialmente, em relação a cultivares europeias que

possuem, geralmente, teores que excedem aos 400 ppm (WOSIACKI; PHOLMAN; NOGUEIRA, 2004).

Devido a essa rica capacidade antioxidante, com consequente proteção celular, mitigando possível estresse oxidativo, o interesse em compostos fenólicos tem conquistado amplo espaço em estudos ligados à saúde populacional (NOGUEIRA et al., 2003). Ao avaliarem a capacidade antioxidante de maçãs através do método ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*), Wang, Cao e Prior (1996), observaram que esta fruta possui um excelente poder antioxidante, assim como, o morango, a laranja, o kiwi e a banana.

Ainda sobre benefícios oriundos do consumo da maçã, inúmeras pesquisas voltadas à redução do colesterol e, consequentemente, redução do risco de doenças cardiovasculares, já são realidade a nível mundial. Esse benefício é atribuído, principalmente aos componentes já citados acima (fibras, vitamina C e compostos fenólicos) dessa fruta. Em conjunto com um estilo de vida saudável e uma dieta equilibrada, desempenham inúmeros benefícios à saúde de seus consumidores (SALGADO; CURTE; MANSI, 2008).

3.4 TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DE TEXTURA EM MAÇÃS

Alterações fisiológicas no amadurecimento do fruto, bem como, na firmeza da polpa, são algumas das modificações a que o fruto *in natura* está susceptível após sua colheita. Estas, além de comprometer as propriedades mecânicas, podem prejudicar ainda, características sensoriais e, consequentemente, a qualidade do alimento (COSTA et al., 2008; LOUGHI et al., 2013). Essas modificações, especialmente, na firmeza da polpa, podem estar relacionadas com alterações nas redes de hemicelulose ligadas a microfibrilas de celulosas.

Essas redes estão incorporadas a uma matriz de polissacarídeos, ricos em pectina e glicoproteínas e, em conjunto, compõem a parede celular desses frutos (ATMODJO et al., 2011; GWANPUA et al., 2014). A modificação desta parede no período de maturação do fruto é ordenada por uma série de enzimas hidrolíticas (NG et al., 2013; 2015) e toda essa estrutura celular está intimamente ligada às suas propriedades mecânicas (EGEA, 2010). Os açúcares (dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos) presentes nessa parede são sintetizados pelas glicosiltransferases (GT). As GTs são um grande grupo de enzimas que catalisam a transferência de moléculas de açúcar para a criação de ligações glicosídicas (TEMPLE et al., 2016). Dentre elas, as galacturonosiltransferases (GAUTs) estão ligadas aos sacarídeos de parede e, juntamente, com a UDP-glicose desidrogenase, desempenham papel

fundamental na biossíntese da pectina. As arabinogalactanas (FLAs), por sua vez, exercem função na síntese de celulose da parede secundária, já que são glicoproteínas de superfície celular (MAC MILLAN et al., 2010; SEIFERT; ROBERTS, 2007).

No desenvolvimento do fruto, os genes de biossíntese de parede permanecem ativos, contudo, no período pós-colheita, ainda não se sabe ao certo o que acontece com eles. Algumas evidências sugerem que eles são pouco expressos ou inibidos, já que nessa fase os genes que codificam enzimas responsáveis pela degradação e expansão da parede celular agem de forma intensa. Poligalacturonases, β -galactosidases, pectatolases, arabinofuranosidases, pectina metilesterases e expansinas, são exemplos dessas enzimas (SMITH et al., 1990; VELASCO et al., 2010; CAO et al., 2012; LOUGHI et al., 2013; GWANPUA et al., 2014, 2016).

Desta maneira, sugere-se que a manutenção da firmeza de polpa pode estar associada à inibição das enzimas de degradação da parede celular. Ou ainda, que genes codificadores de enzimas responsáveis pela biossíntese de polissacarídeos de parede também exerçam papel importante na preservação e manutenção da textura da maçã (NUNES, 2019). Adicionalmente, essa firmeza também é influenciada diretamente pelo conteúdo de pectina da sua estrutura mais externa, chamada de lamela média. Essa lamela desempenha papel importante na junção das células presentes na parede celular, promovendo um efeito “ligante”. A pectina é extremamente sensível ao calor, mas também varia com o grau de maturação da fruta. Dessa forma, pode haver alteração da composição na lamela média, em decorrência da intensidade nos procedimentos de desidratação osmótica ou de secagem (SATO; SANJINÉZ-ARGANDOÑA, CUNHA, 2004).

Dentre as técnicas existentes, a desidratação osmótica contribui para a maciez do tecido e reduz o encolhimento ocorrido na secagem do fruto. Esse encolhimento ocorre pela impregnação do soluto desidratante no processamento, dessa forma, quanto maior a entrada de sólidos, menor é a resistência à compressão do fruto em comparação com o não desidratado osmoticamente (LEWICKI; LUKASZUK, 2000). Ao combinar as técnicas de desidratação osmótica e secagem com ar quente, obtêm-se frutos e/ou produtos tenros a baixas atividades de água em comparação aos desidratados sem pré-tratamento (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001). Outro aspecto importante a ser considerado para evitar ou minimizar alterações após a colheita das maçãs, é o ponto de maturação desse fruto (ALBERTI et al., 2016). Como exemplo, as maçãs ‘Gala’ devem ser colhidas ao apresentarem firmeza de polpa entre 75,5 e 84,5N, teor de sólidos solúveis superior a 11 °Brix e acidez titulável entre 5,2 e 6,0 cmol.L⁻¹ (GIRARDI; NACHTIGALL; PARUSSOLO, 2004).

Por ser um fruto climatérico, a maçã possui elevada produção de etileno no pós-colheita. Dessa forma, visando prolongar e manter seus atributos de qualidade, seus frutos são predominantemente armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) ou atmosfera dinâmica (AD) (GWANPUA et al., 2014; MAZZURANA et al., 2016). Dentre essas técnicas, o uso de AC associada à refrigeração apresentou-se eficiente na conservação dos frutos, já que o emprego de reduzidas concentrações de O₂ e mais elevadas de CO₂, favorecem a redução da respiração e da produção de etileno. Assim, proporcionam aos frutos preservação da firmeza de polpa maior em comparação à AR (BRACKMANN et al., 2010; GWANPUA et al., 2014; MAZZURANA et al., 2016). A AR era amplamente utilizada nas décadas de 80 e 90, mas foi substituído pela AC, a partir dos anos 1999 (BRACKMANN, 2007). Isso possibilitou o aumento do período de armazenamento de 3 a 5 meses para aproximadamente, 7 a 9 meses (BRACKMANN, 2004).

Czelusniak, Oliveira e Nogueira (2003), realizaram um amplo estudo sobre atributos de qualidade em 27 variedades de maçãs (Anna, Baronesa, Belgolden, Catarina, Condessa, Einshemer, Eva, Fred Hough, Fuji, Fuji Suprema, Fuji – RS, Gala – PR, Gala - RS, Gala - SC, Golden - RS, Imperatriz, Imperial Gala, Marquesa, Melrose, Mollies Delicious, Primícia, Princesa – PR, Princesa - SC, Rainha, Royal Gala, Sansa e Willie Sharp), com o intuito de encontrar variedades resistentes a doenças e com características agronômicas e tecnológicas desejáveis. Essas variedades foram classificadas em industriais ou comerciais, de acordo com o teor de compostos fenólicos, a acidez total e a razão açúcares totais/acidez total. Para processamento industrial (sucos clarificados, sidras, vinhos e aguardentes), foram selecionadas as variedades Anna, Eva, Einshemer, Gala, Princesa, Rainha, Golden Delicious, Willie Sharp, Primícia e Melrose. Já para consumo *in natura*, com exceção de Einshemer, todas as variedades foram recomendadas. No quesito funcional, as variedades Sansa e Condessa, obtiveram destaque por seus elevados teores de frutose.

Mais tarde, Brackmann et al., (2008) avaliaram a eficiência de várias condições de armazenamento em AC na manutenção da qualidade pós-colheita das variedades Royal Gala e Galaxy. Não foram observadas diferenças para a incidência média de rachaduras após uma semana de exposição das cultivares a 20°C. Quando armazenados em AC a 0,5°C, a incidência deste distúrbio foi baixa. Quando armazenados em AR, observou-se avançada maturação com menor firmeza de polpa e acidez titulável, bem como, maior respiração, produção de etileno e incidência de rachadura dos frutos. Finalmente, a variedade Galaxy apresentou menor incidência de podridões, degenerescência senescente e de polpa farinácea em comparação com a Royal Gala. Além disso, maiores níveis de acidez titulável e de firmeza

de polpa também foram observados para Galaxy. A condição mais apropriada de AC para a manutenção da acidez na 'Royal Gala' foi 1,0 kPa de O₂ e 2,5 kPa de CO₂. Para a firmeza de polpa das duas variedades, condições de AC de 0,8, 1,0 e 1,2 kPa de O₂ associado a 2,5 kPa de CO₂ na temperatura de 0,5 °C foram as recomendadas. Ambos resultados corroboram com observações de Brackmann et al. (2005).

Descrita pela firmeza, frescura e suculência, a textura da maçã tem ganhado destaque em estudos devido às preferências do consumidor (PENEAU et al., 2006; CHANG; VICKERS; TONG, 2018). Freitas et al. (2018), realizaram um estudo que avaliou a correlação de atributos de qualidade (firmeza de polpa, cor de fundo, sólidos solúveis, acidez titulável e pH) pós-colheita em maçãs Gala com diferentes profundidades de força de ruptura da casca e polpa. Para tal, os frutos foram mantidos durante 90 dias em AR e, posteriormente, sete dias a $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $60 \pm 5\%$ de UR, visando simular a vida de prateleira. Foram observadas fortes correlações entre a força de ruptura da casca e da polpa com a firmeza de polpa, sendo a correlação mais alta a profundidade de penetração de 5mm.s⁻¹. A acidez titulável apresentou significância com a profundidade de 3 mm.s⁻¹, e os sólidos solúveis baixa correlação apenas para a força de ruptura da casca. Na profundidade de penetração de 10 mm.s⁻¹, destacou-se a cor para o ângulo hue em relação aos demais tratamentos; também se observou maior correlação para os parâmetros de atributos de qualidade como um todo.

Combinadas a essas tecnologias de conservação, outras tecnologias são passíveis de serem utilizadas visando à conservação, bem como, manutenção dos parâmetros de qualidade do fruto surgiram. A utilização de compostos inibidores da resposta do etileno, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP), é uma alternativa a ser considerada (GUNES; WATKINS; HOTCHKISS, 2000; VILLALOBOS-ACUÑA et al., 2011; NOCK; WATKINS, 2013). Seu uso se fundamenta devido aos benefícios da aplicação dessa tecnologia aos frutos, como o aumento do período de armazenamento e a vida de prateleira após AR e AC (MIR; BEAUDRY, 2000; WATKINS, 2008). Essa expansão do período de oferta é devido ao menor amolecimento de polpa e ocorrência de farinosidade na polpa, mantendo a suculência e a qualidade dos frutos (STORCH et al., 2015).

3.5 ETILENO E O USO DO BLOQUEADOR 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP)

A ação do etileno é que causa o amadurecimento e consequente perda de qualidade das maçãs. Essa seção inclui uma breve descrição do seu mecanismo de atuação.

3.5.1 Etileno: características gerais e biossíntese

Utilizado em larga escala para a fabricação de produtos, como plásticos, borrachas, tintas e/ou detergentes, o etileno é um hidrocarboneto (C_2H_4) gasoso, (CHANG, 2016) responsável pela regulação de diversos mecanismos nas plantas (YANG et al., 2013; JU; CHANG, 2015; CHANG, 2016). Processos relacionados ao desenvolvimento e respostas ao estresse oriundo de causas bióticas ou abióticas são algumas de suas funções (YANG et al., 2013; JU; CHANG, 2015). O etileno ganha destaque ainda, pela importância no crescimento e desenvolvimento dessas plantas, germinação de sementes, formação de raízes, alargamento das folhas, desenvolvimento de flores e definição do sexo (JU, CHANG, 2015).

É produzido em diversas partes das plantas, no entanto, em frutos climatéricos, como a maçã, sua maior concentração ocorre na fase de abscisão foliar, senescência floral e no estágio de amadurecimento (LI et al., 2011). Por ser climatérica, no período de amadurecimento, a maçã exibe um acréscimo significativo na respiração e na produção de etileno (JOHNSTON; HEWETT; HERTOOG, 2002; YANG et al., 2013).

Mediada pela ligação do etileno com receptores ETRs (Ethylene Receptors), a regulação de sua biossíntese é autocatalítica. Nessa reação, os ETRs provocam uma cascata de sinalização até a ativação de fatores de resposta ao etileno ERFs (Ethylene Response Factor) e ERSs (Ethylene Response Sensor). Esses últimos, ativam genes de resposta que provocam mudanças fisiológicas no fruto, como amolecimento da polpa, formação de compostos voláteis e mais etileno (BAPAT et al., 2010; CHIRIBOGA et al., 2012; JU; CHANG, 2015). Quando há bloqueio desses receptores, essa cascata sinalizadora cessa, bloqueando a ocorrência de eventos dependentes do etileno (CHIRIBOGA et al., 2012).

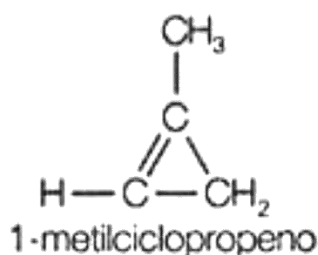
Em suma, existem dois sistemas envolvidos nessa biossíntese: o primeiro ocorre no período do crescimento vegetativo normal, onde há a produção de níveis basais de etileno. Nele, ocorre essa biossíntese no tecido vegetal de todos os frutos, climatéricos ou não-climatéricos (BAPAT et al., 2010; BULENS et al., 2012). O segundo sistema, por sua vez, funciona somente na fase de amadurecimento do fruto climatérico, e produz etileno por via autocatalítica. Essa produção resulta em altas concentrações do fito-hormônio (BAPAT et al., 2010; BULENS et al., 2011; 2012). O aumento da síntese de etileno é uma etapa fisiológica crítica e decisiva na rapidez da maturação e senescência dos frutos no pós-colheita (LI; FENG; CHENG, 2012; YANG et al., 2013). Essa síntese é reduzida antes do climatério, no entanto, há um elevado incremento de sua produção no início da maturação do fruto (BULENS et al., 2011; 2012; SHANGGUAN et al., 2014).

De maneira a inibir as respostas do fito-hormônio etileno, inúmeras pesquisas com o uso do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na pomicultura já são realidade (GUNES; WATKINS; HOTCHKISS, 2000; COSTA et al., 2010; VILLALOBOS-ACUÑA et al., 2011; BULENS et al., 2012; NOCK; WATKINS, 2013; STORCH et al., 2015; GWANPUA et al., 2016). Esse forte inibidor da ação do etileno, potencializa e prolonga o tempo de armazenamento dos frutos, já que sua ação inibe as reações etileno-dependentes como a redução na firmeza dos frutos (ARGENTA; MATTHEIS; XUETONG, 2001; BRACKMANN et al., 2010; THEWES et al., 2015b).

3.5.2 1-Metilciclopropeno (1-MCP)

O 1-metilciclopropeno (Figura 1) é um bloqueador eficiente da ação do etileno, pois se liga aos seus receptores, mantendo-os inativados. Dessa forma, ocorre a inibição da percepção ao fito-hormônio com prevenção de respostas etileno-dependentes (BULENS et al., 2011; 2012). No entanto, o efeito deste bloqueador é temporário, já que o fruto tratado com 1-MCP tende a sintetizar novos receptores e restaurar, dessa forma, a ação do etileno. Isso ocorre especialmente quando o fruto está exposto em condições de ambiente comerciais (*shelf-life*) (CHIRIBOGA et al., 2012).

Figura 1 – Fórmula química do 1-metilciclopropeno (C₄H₆).



Fonte: Dom Bosco, 2020.

Por fim, a ação do 1-MCP consiste em atrasar o início do pico climatérico nos frutos (CHIRIBOGA et al., 2012). Isso se dá principalmente pelo 1-MCP possuir uma estrutura semelhante ao etileno, ligando-se aos receptores deste e assim, impedindo sua junção. Com isso, ocorre o bloqueio do estímulo fisiológico e da transdução de sinal, ambos relacionados com a síntese enzimática para processos bioquímicos típicos do amadurecimento. Além disso,

nesse processo, a degradação da parede celular e a quebra da clorofila também são inibidas (ARGENTA; MATTHEIS; XUETONG, 2001; BRACKMANN et al., 2010; THEWES et al., 2015b).

Com relação ao seu uso, após ser diluído em água, sua aplicação deve ser realizada logo após a colheita da maçã por um período de 24 horas, já que sua volatilização é facilitada em temperatura ambiente ou sob refrigeração. A concentração utilizada varia do volume da câmara de armazenamento dos frutos e de acordo com a posologia do fabricante do produto (AGROFRESH, 2020; DEELL; LUM; EHSANI-MOGHADDAM, 2016).

Alguns fatores são preponderantes para a eficácia da resposta de maçãs ao tratamento com 1-MCP, dentre eles, a variedade, a temperatura, o período de exposição ao inibidor do etileno na pós colheita e o ponto de maturação desse fruto (DEELL; LUM; EHSANI-MOGHADDAM, 2016). Este último fator é o mais complexo, já que a colheita de frutos com maturação adequada e uniforme na mesma época é de difícil ocorrência, obrigando os pomicultores a realizarem colheitas mais tardias. Nessas situações, os frutos já estão em estágio avançado de maturação, prejudicando diretamente o processo de resfriamento e, consequentemente, a ação do inibidor do etileno dentro das câmaras de armazenamento (BRACKMANN et al., 2010).

Mazzurana et al. (2016) observaram que o armazenamento em AC com níveis reduzidos de oxigênio juntamente com o uso de 1-MCP, resultou na manutenção da qualidade dos frutos. Por outro lado, quando se utilizou quantidades reduzidas de oxigênio, o armazenamento dos frutos por longos períodos foi prejudicado. Nessa última ocorrência, distúrbios fisiológicos como fissuras na epiderme, degenerescência causada por CO₂, escurecimento da polpa, podridões e produção de etanol como produto da fermentação, foram observados (BRACKMANN et al., 2012; DEELL; LUM; EHSANI-MOGHADDAM, 2016). Em trabalhos já realizados, observou-se que maçãs cv. Gala tratadas com 1-MCP permanecem com qualidade em níveis de 1,2-1,8 kPa O₂ e 2,0-2,5 kPa CO₂ (BRACKMANN et al., 2010; MAZZURANA et al., 2016). Outros estudos têm mostrado a importância da utilização do 1-MCP em maçãs após a colheita visando a manutenção da textura no período de armazenamento (COSTA et al., 2010; BULENS et al., 2012; ; STORCH et al., 2015; GWANPUA et al., 2016).

Um efeito positivo do 1-MCP na manutenção da textura dos frutos no pós-colheita foi observado nas safras avaliadas por NUNES (2019). Essa manutenção pode ter associação também com a firmeza de polpa das maçãs na colheita, já que frutos colhidos com firmeza acima de 80N não têm seu desenvolvimento totalmente completo. Dessa forma, a maturação

desse fruto durante a pós-colheita é prejudicada (GIRARDI; NACHTIGALL; PARUSSOLO, 2004). No entanto, frutos colhidos com firmeza de polpa inferior a 70N, ou seja, maturação mais avançada, não devem ser armazenados por períodos muito longos. Isso ocorre porque o metabolismo desses frutos está em estágio avançado e, provavelmente, ocorre uma elevação da síntese autocatalítica do fito-hormônio etileno (BENDER; LUNARDI, 2001). Observou-se que a colheita de maçãs cv. Gala com firmeza de polpa perto de 80 N apresentou menores perdas nas características sensoriais, além de frutos mais firmes e com maior teor de sólidos solúveis por maior período (GIRARDI; NACHTIGALL; PARUSSOLO, 2004; BULENS et al., 2012; NUNES, 2019).

Ainda segundo Nunes (2019), a ação do 1-MCP por 180 dias preveniu a perda da firmeza de polpa, a acidez e os sólidos solúveis em AR. Esse efeito também foi observado em AC sem a presença do 1-MCP, descartando a necessidade de sua aplicação nesse tipo de armazenamento. Resultados similares já foram relatados por BRACKMANN et al. (2010) e GWANPUA et al (2014): a baixa concentração de O₂ e a elevada concentração de CO₂ reduziram processos oxidativos da polpa do fruto e a biossíntese de etileno, conservando melhor as maçãs.

3.6 META-ANÁLISE E SUA UTILIZAÇÃO EM MAÇÃS

Esta seção inclui uma breve contextualização sobre características gerais da meta-análise e seu emprego em estudos com maçãs.

3.6.1 Meta-análise: conceito e principais características

Atualmente, diversos estudos sobre um mesmo tema são encontrados nos diferentes meios de comunicação, reforçando a importância da pesquisa em todas as áreas de conhecimento. É consensual que uma revisão sistemática combinada a resultados de estudos sobre determinado assunto devem fazer parte do processo. Uma forma simples de combinar esses resultados é através da junção e análise desses dados, como se fossem informações coletadas de um único estudo maior. No entanto, essa combinação desconsidera a variabilidade, o tamanho de cada estudo e, em alguns casos, o princípio da aleatorização, características de suma importância para os respectivos resultados. Neste sentido, o uso de técnicas estatísticas adequadas, são a forma mais adequada de realizar essa junção de conteúdos de interesse (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010).

A meta-análise é uma técnica que possibilita a combinação de resultados provenientes de vários estudos. Com essa junção, há a produção das chamadas “estimativas meta-analíticas”, que embasarão o resultado da meta-análise, fazendo com que ele tenha um significado aplicado. Em outras palavras, os estudos que englobam os vários dados de uma meta-análise devem ser fruto de uma revisão sistemática. Esse tipo de revisão é composto por um conjunto de regras, que visa identificar e selecionar quais estudos sobre determinado assunto serão utilizados ou não na meta-análise (GLASS, 1976; BORENSTEIN et al., 2011).

Roscoe e Jenkins (2005), conceituam meta-análise como uma técnica estatística que “consiste em colocar diferentes estudos juntos em um mesmo banco de dados e utilizar metodologias analíticas e estatísticas para explicar a variância dos resultados utilizando fatores comuns aos estudos” (ROSCOE; JENKINS, 2005, p.54). Em outras palavras, é um procedimento metodológico que realiza uma síntese baseada em uma série de conclusões sobre um assunto de pesquisa específico. A meta-análise, possibilita também, aumentar a objetividade das revisões de literatura, diminuindo possíveis vieses dentro da gama de estudos analisados (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014).

De acordo com Imbeau e colaboradores (2001), essa técnica “habilita os pesquisadores a resolver disputas na literatura, a determinar que fatores têm contribuído para as diferenças sistemáticas entre os estudos e identificar as áreas que têm sido negligenciadas” (Imbeau et al., 2001, p. 3). Adicionalmente, permite a comparação dos resultados das pesquisas não apenas substancialmente, mas principalmente, por seus procedimentos metodológicos. Finalmente, o termo meta-análise é sinônimo de síntese de pesquisa, revisão sistemática e revisão de pesquisa, dando suporte para pesquisadores realizarem levantamentos e compilações bibliográficas sobre assuntos de interesse, de maneira eficaz e confiável (BORENSTEIN et al., 2011; FIGUEIREDO FILHO et al., 2014).

3.6.2 Uso de meta-análise em estudos com maçãs

Embora o uso da meta-análise seja uma técnica estatística importante e eficaz, estudos com seu uso em maçãs e outros frutos ainda são escassos. Bosančić et al., (2018) realizaram uma meta-análise com o intuito de diferenciar os principais efeitos do cultivo sob rede (*hail net*) e atribuí-los à cultura, cultivar, densidade de plantio, clima, tipo e cor das maçãs. Após criteriosa seleção, 26 artigos foram escolhidos e nestes, sete variedades (Braeburn, Gala, Elstar, Jonagold, Pinova e Fuji) examinadas. Das variáveis estudadas, clima, densidade de plantio, tipo e cor tiveram impactos insignificantes. A cor do fruto (vermelha) foi mais afetada

pelos efeitos da rede, correlacionada com os sólidos solúveis totais, responsáveis pelo sabor adocicado das frutas. Na sequência, em menor grau, a cor foi afetada pela interação entre quantidade de açúcar/sólidos solúveis totais, firmeza e acidez da fruta em todas as sete variedades (Braeburn, Gala, Cripps Pink, Elstar, Jonagold, Pinova e Fuji) examinadas. As variedades Gonagold e Gala, ambas de amadurecimento precoce, pareciam adequadas, inalteradas e estáveis aos efeitos de rede na meta-análise; Pinova era a variedade menos adequada para o cultivo sob rede. Curiosamente, as cultivares de amadurecimento tardio (Braeburn e Cripps Pink) foram influenciadas positivamente pelo amadurecimento sob rede.

Através de meta-análise, Fabiani, Minelli e Rosignoli (2016) investigaram a associação entre o consumo de maçãs e o risco de câncer em várias regiões anatômicas do corpo humano (pulmão, colorretal, mama, esôfago, cavidade oral, próstata, pâncreas, bexiga, laringe, ovário, rim e cérebro). Dentre os achados, ao compararem o nível mais alto de consumo da fruta com o mais baixo, a redução do risco de câncer de pulmão foi estatisticamente significativa. Em contraste, para casos de câncer colorretal, mama e aparelho digestivo geral, foi observado um efeito preventivo da maçã apenas em estudos casos-controle, enquanto estudos prospectivos não indicaram efeitos. Não foi detectada evidência de viés de publicação para câncer colorretal, cavidade oral, esôfago e de mama. A presente meta-análise indica que o consumo de maçãs está associado com a redução de câncer em diferentes locais anatômicos do corpo humano.

Ainda neste sentido, outra meta-análise (AUNE et al., 2017) avaliou as associações entre a ingestão de frutas (dentre elas, a maçã) e vegetais com o risco de doenças cardiovasculares, câncer e mortalidade em humanos. Observaram-se associações inversas entre a ingestão de maçãs e peras, frutas cítricas, vegetais de folhas verdes, vegetais crucíferos e saladas com doenças cardiovasculares e mortalidade por todas as causas. Essa mesma associação foi observada entre a ingestão de vegetais verde-amarelos e vegetais crucíferos e risco total de câncer. Finalmente, a ingestão de frutas e vegetais esteve associada à redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer e mortalidade por todas as causas (AUNE et al., 2017). Esses resultados sustentam as recomendações dos órgãos de saúde pública, onde frisam a importância da ingestão de frutas e vegetais para a prevenção de doenças cardiovasculares, câncer e mortalidade prematura (NNC, 2011; MILLER et al., 2016; NNRR, 2016).

4 METODOLOGIA

Esta seção contém uma descrição da metodologia utilizada na dissertação.

4.1 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Nesta dissertação, foram levantados 85 conjuntos de dados provenientes de 30 artigos diferentes. As buscas foram realizadas nas bases de dados Scopus, Web of Science e Pubmed. Como critérios de pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chave: apple, 1-methylcyclopropene, 1-MCP, firmness e ethylene. Não foram considerados estudos nos quais fosse empregado um tratamento adicional além do 1-MCP. Em alguns estudos, os dados de firmeza estavam expressos em forma de tabela enquanto que em outros os dados estavam inseridos em gráficos. Nesses últimos, os valores de firmeza foram extraídos das figuras com o auxílio do software GetData Graph Digitizer 2.26.0.20. A Tabela 4 contém uma lista dos artigos selecionados e do número de curvas (conjuntos de dados) extraído de cada estudo. Com o intuito de se avaliar os tópicos mais comumente abordados nos estudos envolvendo a adição de 1-MCP às maçãs foi construído um diagrama de nuvem de palavras (*word cloud*) com 100 estudos escolhidos aleatoriamente dentre os que constam nas referências utilizadas no presente estudo.

Tabela 4 – Estudos selecionados para a meta-análise e número de curvas de cada artigo.

	Número de curvas
Niu et al., 2018	1
Ding et al., 2020	1
Sakaldas; Gondogdu, 2016	4
Gwampua et al., 2017a	1
Gwampua et al., 2017b	1
Xu et al., 2019	1
Storch et al., 2015	2
Li et al., 2013	3
Costa et al., 2010a	1
Mao; Lu; Wang, 2007	2
Win et al., 2019	2

Lu et al., 2013	8
Li et al., 2017b	1
Bullens et al., 2012	1
Bullens et al., 2010	3
Hackbarth et al., 2017	2
Zheng et al., 2014	1
DeEll; Ayres; Murr, 2007	2
Falagán; Terry, 2019	3
Kolniak-Ostek et al., 2014	2
Pre-Aymard et al., 2005	2
Yoo; Kang, 2020	2
Lv et al., 2020	1
Tatsuki et al., 2011	2
Liu et al., 2016	1
Saba; Watkins, 2020	2
DeLong et al., 2004	6
Mir et al., 2001	5
Rupasinghe et al., 2000	10
Watkins et al., 2000	12

Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

4.2 META-ANÁLISE

Esta seção contém uma descrição dos aspectos operacionais de uma meta-análise que serão abordados na presente dissertação. Como o foco da dissertação está baseado na metodologia estatística, optou-se por incluir a parte teórica da meta-análise na seção de Metodologia.

4.2.1 Efeito de tamanho

No presente estudo, o objetivo da meta-análise é identificar o efeito global da adição de 1-MCP sobre a firmeza de maçãs de diferentes cultivares. O efeito global exercido por um tratamento sobre uma dada variável é chamado de efeito de tamanho. Para se calcular esse efeito global é calculada uma média ponderada dos efeitos estimados em cada estudo incluído

na meta-análise. Existem dois diferentes tipos de modelos para estimar o efeito de tamanho da meta-análise, o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios (HEDGES; OLKIN, 1985).

4.2.2 Modelo de efeitos fixos

O modelo de efeitos fixos considera que todos os estudos em conjunto com seus respectivos efeitos de tamanho se originam de uma única população homogênea. Nesta situação, o efeito global é estimado através de uma média ponderada dos efeitos de todos os estudos, sendo atribuído um peso maior para os estudos com resultados mais precisos. O peso atribuído a cada estudo é dado pelo inverso da variância estimada para o estudo ($\hat{\sigma}_i^2$). Portanto, o valor estimado para o efeito fixo global ($\hat{\theta}_F$) é dado pelas Equações de 1 a 3, nas quais $\hat{\theta}_i$ é o efeito fixo do i-ésimo estudo e N é o número total de estudos incluídos na meta-análise (FLEISS, 1993).

$$\hat{\theta}_F = \frac{A_i}{B_i} \quad (1)$$

$$A_i = \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\theta}_i}{\hat{\sigma}_i^2} \quad (2)$$

$$B_i = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\hat{\sigma}_i^2} \quad (3)$$

4.2.3 Modelo de efeitos aleatórios

O modelo de efeitos aleatórios assume que os efeitos dos estudos individuais desviam do efeito global não somente devido ao erro de amostragem. Nesse modelo, é considerado que existe outra fonte de variação devido ao fato que os estudos não são oriundos de uma única população, mas sim de um universo de populações. Nesta situação, não há um único efeito global verdadeiro, mas sim uma distribuição de efeitos globais (BORENSTEIN et al., 2011).

Do ponto de vista conceitual, ao contrário do efeito fixo que considera que o efeito de tamanho observado do i-ésimo estudo individual, $\hat{\theta}_i$, se desvia do efeito global verdadeiro, θ_F ,

devido ao erro amostral, ε_i (Equação 4), o modelo de efeitos aleatórios assume que há uma segunda fonte de erro (δ_i). Este termo corresponde ao desvio do valor obtido para $\hat{\theta}_i$ em relação à distribuição de efeitos globais. Portanto, o desvio total para o modelo de efeitos aleatórios em relação ao valor médio da distribuição dos efeitos de tamanho, μ , é dado pela Equação 5.

$$\hat{\theta}_i = \theta_F + \varepsilon_i \quad (4)$$

$$\hat{\theta}_i = \mu + \varepsilon_i + \delta_i \quad (5)$$

Para se estimar a variância da distribuição de efeitos de tamanho verdadeiros (τ^2), diferentes algoritmos estão disponíveis, sendo que os resultados obtidos através de cada algoritmo são ligeiramente diferentes (VERONIKI et al., 2016). No presente estudo será utilizado o algoritmo de DerSimonian-Laird, o qual é frequentemente utilizado em meta-análises.

A fórmula para calcular os pesos no caso do modelo dos efeitos aleatórios é semelhante às Equações de 1 a 3, com a exceção de que a variância total de um dado estudo é calculada através da soma entre a variância inerente à cada estudo (*within studies* - $\hat{\sigma}_i^2$) e a variância entre estudos (*between studies* - τ^2). Devido à natureza do presente estudo, o efeito global foi assumido como o resultante do emprego do modelo de efeitos aleatórios.

4.2.4 Heterogeneidade entre estudos

O objetivo último de uma meta-análise é sintetizar os efeitos de diferentes estudos em um único resultado. Para que a conclusão seja válida do ponto de vista estatístico, é necessário que os estudos não sejam muito heterogêneos. É possível, por exemplo, que o efeito de tamanho global seja pequeno mesmo que alguns estudos relatem valores muito altos. Embora esta informação possa ser perdida quando todos os estudos são considerados, é importante saber se há estudos com efeitos muito diferentes do efeito global (*outliers*) e como esses estudos afetam os resultados.

É fundamental que se quantifique a heterogeneidade entre os estudos porque ela pode ser causada pela presença de subgrupos que não foram previamente identificados nos estudos. Dessa forma, uma alta heterogeneidade pode significar que os estudos relatados não tem nada

em comum, o que enfraquece as conclusões obtidas. Em geral, há três tipos diferentes de medidas de heterogeneidade em meta-análise: a estatística Q de Cochran, a percentagem de variabilidade (I^2) e a variância entre estudos (τ^2). As Equações 6 e 7 contêm as definições de Q e I^2 , respectivamente.

$$Q = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\hat{\sigma}_i^2} (\hat{\theta}_i - \hat{\theta}_F)^2 \quad (6)$$

$$I^2 = \max \left\{ 0, \frac{Q - (N - 1)}{Q} \right\} \quad (7)$$

Embora não haja um consenso sobre qual destas estatísticas é a mais adequada para estimar a heterogeneidade em uma meta-análise, a maioria dos estudos usa a percentagem de variabilidade como indicador da heterogeneidade. Portanto, esta estatística será usada no presente estudo. Neste caso, valores de I^2 inferiores a 25% são considerados como baixa heterogeneidade, valores entre 25% e 75% são considerados como heterogeneidade moderada e valores superiores a 75% são considerados como heterogeneidade elevada (HIGGINS et al., 2003).

Um procedimento comum que pode ser empregado em caso de heterogeneidade elevada consiste na identificação e eliminação de *outliers* dos estudos selecionados (VIECHTBAUER; CHEUNG, 2010). Um critério empregado para identificação dos *outliers* consiste em apontar os estudos para os quais o limite superior do intervalo de confiança de 95% do efeito de tamanho é menor que o limite inferior do intervalo de confiança de 95% do efeito de tamanho global (efeitos extremamente pequenos). Além disso, devem ser considerados os estudos para os quais o limite inferior do intervalo de confiança de 95% do efeito de tamanho é maior que o limite superior do intervalo de confiança de 95% do efeito de tamanho global (efeitos extremamente grandes).

4.2.5 Forest plot

O *forest plot* é um diagrama que sintetiza todas as informações obtidas em um estudo meta-analítico. Neste diagrama, colunas individuais apresentam os estudos, os efeitos de tamanho e intervalos de confiança de 95% associados a cada estudo e os respectivos pesos dos

modelos de efeito fixo e efeito aleatório. Estão também incluídos os efeitos globais obtidos para ambos os modelos, a estimativa de heterogeneidade (I^2) e a variância entre estudos (LEWIS; CLARKE, 2001).

4.2.6 Análise de influência

Em uma meta-análise, além dos *outliers* estatísticos, alguns estudos podem exercer uma grande influência sobre o valor agregado. Pode acontecer que caso um único estudo seja removido da análise, o efeito de tamanho seja fortemente afetado. Por esta razão, existem algoritmos que recalculam o efeito de tamanho global caso um único estudo seja removido do conjunto, sendo esse procedimento repetido para todos os estudos. Este tipo de técnica é conhecido como análise de influência.

No presente estudo, será usado o gráfico de Baujat para avaliar a influência exercida por cada estudo sobre o valor agregado (BAUJAT et al., 2002). Este diagrama mostra a contribuição de cada estudo para a estatística Q global da heterogeneidade no eixo horizontal e a influência de cada estudo sobre o efeito de tamanho no eixo y.

4.2.7 Análise do display gráfico de heterogeneidade (GOSH)

Esta é uma análise mais sofisticada da heterogeneidade dos estudos. Neste caso, os diagramas conhecidos como displays gráficos de heterogeneidade (GOSH, na sigla em inglês) são ferramentas úteis para a avaliação da heterogeneidade do conjunto selecionado (OLKIN; DAHABREH; TRIKALINOS, 2012). Para estes diagramas, o mesmo modelo meta-analítico é ajustado para todos os possíveis subconjuntos de estudos (2^{84} na presente dissertação). Como o número de estudos é muito grande, optou-se por selecionar aleatoriamente 1 milhão de combinações para executar o modelo.

4.2.8 Funnel plot

Funnel plots são diagramas em forma de funil que visam estimar a influência de pequenos estudos. Em essência, no eixo vertical estes diagramas exibem o erro padrão de cada estudo e o eixo horizontal apresenta o efeito de tamanho de cada estudo. No caso ideal,

quando não há publicações com viés (*bias*), todos os estudos localizam-se dentro do funil (STERNE et al., 2011).

4.2.9 Análise de subgrupos

Após a análise dos estudos, a última etapa consiste em analisar a influência dos subgrupos sobre o efeito de tamanho global. No presente estudo será avaliada a influência de dois subgrupos: variedade da maçã e dose de 1-MCP. Entretanto, ressalta-se que devido à grande heterogeneidade dos estudos, as conclusões obtidas nessa etapa, não possuem elevado rigor estatístico.

4.3 AJUSTE DA FIRMEZA

Um modelo cinético de primeira ordem foi empregado para ajustar os dados coletados da firmeza em função do tempo (Equação 8). Como o valor inicial da firmeza (F_0) variava muito entre os cultivares, foi utilizado o valor efetivo (F^*), o qual é dado pela razão entre o valor da firmeza no tempo t ($F(t)$) e o valor inicial da firmeza. Este procedimento eliminou um parâmetro ajustável e deixou como parâmetro ajustável apenas a constante de velocidade, k , a qual está diretamente relacionada à velocidade de diminuição percentual da firmeza ($v\%$) de acordo com a Equação 9. No presente estudo, o efeito de tamanho foi avaliado em relação à constante de velocidade e a precisão dos estudos foi assumida como sendo o erro-padrão gerado na regressão.

$$F^*(t) = \frac{F(t)}{F_0} = e^{-kt} \quad (8)$$

$$v\% = 100(1 - e^{-k}) \quad (9)$$

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os procedimentos de regressão não-linear foram realizados através do pacote minpack.lm do software livre R v. 3.6.1 (R CORE TEAM, 2016). Todos os cálculos e diagramas da meta-análise foram obtidos com os pacotes metafor e meta.

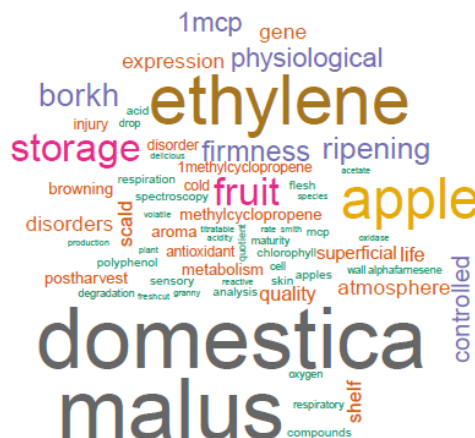
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguem os resultados obtidos no presente estudo.

5.1 DIAGRAMA DE NUVEM DE PALAVRAS

A Figura 2 apresenta o diagrama de nuvem de palavras obtido após o levantamento das palavras-chave de 100 artigos diferentes envolvendo a adição de 1-MCP a diferentes cultivares de maçãs. Conforme pode ser observado, além da maçã e de seu nome científico, a maior parte dos estudos está relacionada à produção de etileno e a algumas propriedades que são afetadas pela adição do produto tais como a firmeza, bem como a vida útil, expressão gênica e a comparação do armazenamento com atmosfera controlada.

Figura 2 – Diagrama de *Word Cloud* obtido com as palavras-chave de 100 artigos utilizados neste estudo.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

5.2 META-ANÁLISE

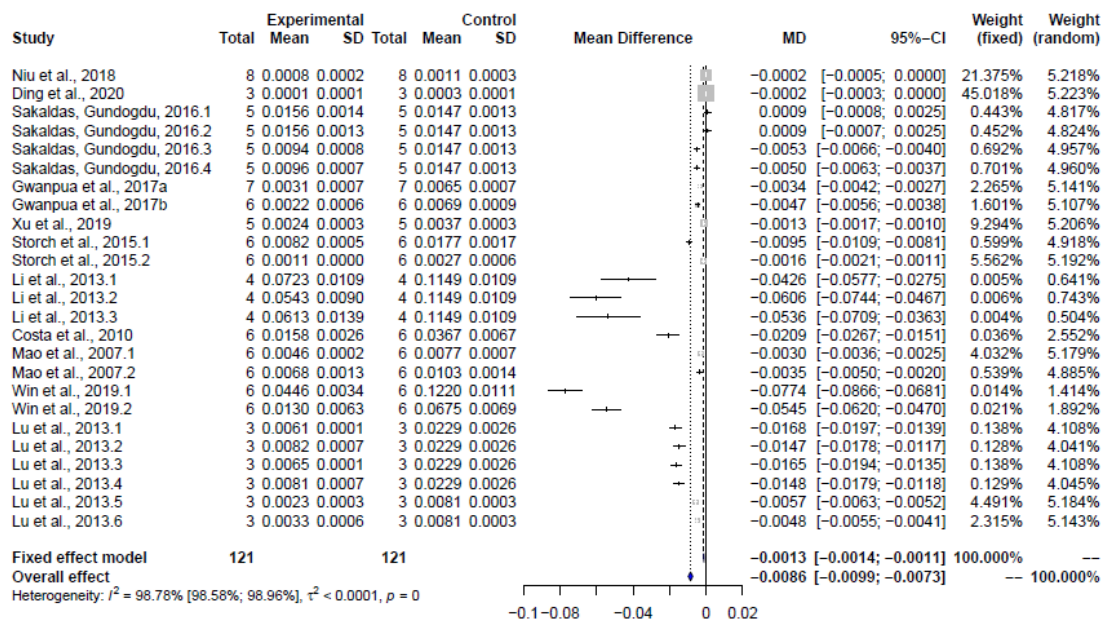
Esta seção contém os resultados obtidos para a meta-análise.

5.2.1 Forest plot

A Figura 3 mostra o *forest plot* correspondente aos vinte e cinco primeiros conjuntos de dados obtidos para a constante de velocidade da firmeza. Foram apresentados apenas esses

conjuntos de dados na figura porque que a saída do *software* R para *forest plots* inclui no máximo 30 estudos. A saída contendo o sumário estatístico dos resultados obtidos para os 85 estudos encontra-se no Apêndice A.

Figura 3 – *Forest plot* ilustrativo contendo os 25 primeiros conjuntos de dados analisados.



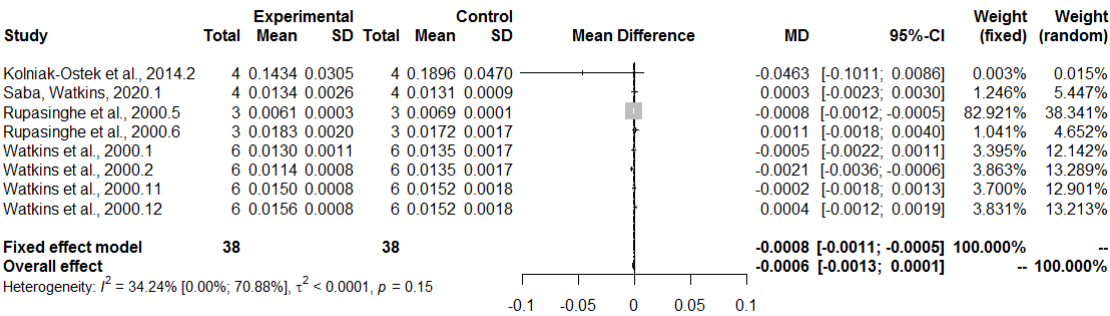
Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Do ponto de vista geral, ao se considerarem todos os 85 conjuntos de dados, o efeito global (efeito de tamanho) da adição de 1-MCP implica na redução do valor da constante de velocidade de $0,0077 \text{ d}^{-1}$, o que corresponde a uma diminuição de aproximadamente a 0,767% na taxa de perda da firmeza por dia com a adição de 1-MCP. Como os conjuntos de dados são muito heterogêneos, esse valor representa uma média geral (efeito agregado de todos os estudos), independentemente da cultivar da maçã, da dose aplicada ou do momento de aplicação do composto após a colheita das maçãs. Conforme pode ser observado no Apêndice A, os pesos atribuídos aos estudos individuais no modelo de efeitos fixos são diluídos entre os estudos no modelo de efeitos aleatórios (SCHWARZER; CARPENTER; RÜCKER, 2015). O valor obtido para a heterogeneidade entre estudos (I^2) foi bastante elevado, sendo da ordem de 99,6% (ver Apêndice A). Este valor é considerado alto, podendo ser atribuído às variações nas cultivares das maçãs (os dados incluíam 27 cultivares diferentes), às doses de 1-MCP aplicadas (variaram entre 0,1 e 100 microlitros/litro), ao período de maturação da fruta (em alguns estudos, o produto foi aplicado poucos dias após a colheita e em outros, meses) e às condições de armazenamento prévio (como temperatura). Nesse tipo de situação, o

recomendado é remover alguns estudos, de forma a tornar a amostra mais homogênea. Portanto, foi aplicado o algoritmo para eliminação de *outliers* usando os critérios descritos previamente na Seção 4.2.4. O algoritmo foi aplicado verificando os critérios tanto para o modelo de efeitos fixos como para o caso do modelo de efeitos aleatórios. Como resultado, de acordo com os critérios empregados restaram apenas 8 estudos no caso dos efeitos fixos e apenas 7 estudos no caso dos efeitos aleatórios.

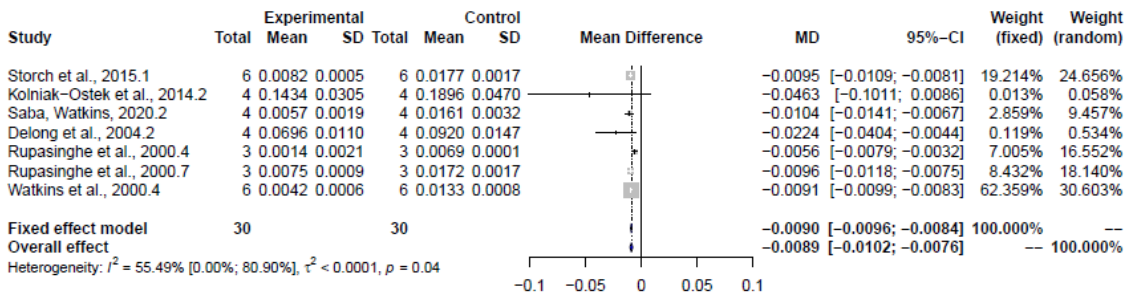
Sumários dos resultados obtidos com o emprego de ambos os procedimentos podem ser encontrados nos Apêndices B e C, respectivamente. As Figuras 4 (efeitos fixos) e 5 (efeitos aleatórios) apresentam os *forest plots* obtidos nestes dois casos. Pode ser observado em ambos *forest plots* que a heterogeneidade diminuiu de forma considerável após a eliminação dos *outliers* obtidos tanto no modelo de efeitos fixos ($I^2 = 34,24\%$) quanto no modelo de efeitos aleatórios ($I^2 = 55,49\%$). Além disso, em ambos os casos, o valor do efeito global da constante de velocidade foi alterado para, respectivamente, $0,0006\text{ d}^{-1}$ e $0,0089\text{ d}^{-1}$. Como no presente estudo, está sendo assumido que o modelo de efeitos aleatórios é conceitualmente mais adequado, optou-se por utilizar os dados da Figura 5 como sendo os valores reais da meta-análise. Ou seja, $k = 0,0089\text{ d}^{-1}$, o que significa que o efeito global da adição de 1-MCP provoca uma redução de 0,886% na perda de firmeza diária da maçã. A heterogeneidade moderada de 55,49% torna os resultados obtidos mais confiáveis em relação aos valores originais com os 85 estudos.

Figura 4 – *Forest plot* obtido após a eliminação dos *outliers* considerando o modelo de efeitos fixos.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Figura 5 – *Forest plot* obtido após a eliminação dos *outliers* considerando o modelo de efeitos aleatórios.

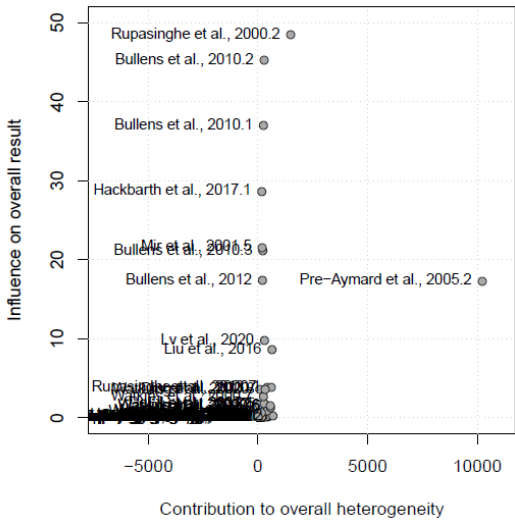


Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

5.2.2 Diagrama de Baujat

A Figura 6 exibe o diagrama de Baujat obtido para os 85 conjuntos de dados originais. De acordo com o diagrama, através da grande concentração de pontos na extremidade esquerda inferior do gráfico, é possível concluir que a grande maioria dos estudos exerce uma pequena influência no efeito de tamanho global e também não contribuem de forma significativa para a heterogeneidade do conjunto. Além disso, um único conjunto de dados (Pre-Aymarde al., 2005.2) contribui de forma significativa para a heterogeneidade e dois estudos exercem maior influência sobre o efeito de tamanho global (Rupasinghe et al., 2000.2 e Bullens et al., 2010.2). De qualquer forma, estes estudos já foram eliminados como *outliers*.

Figura 6 – Diagrama de Baujat gerado com os 85 conjuntos de dados originais.

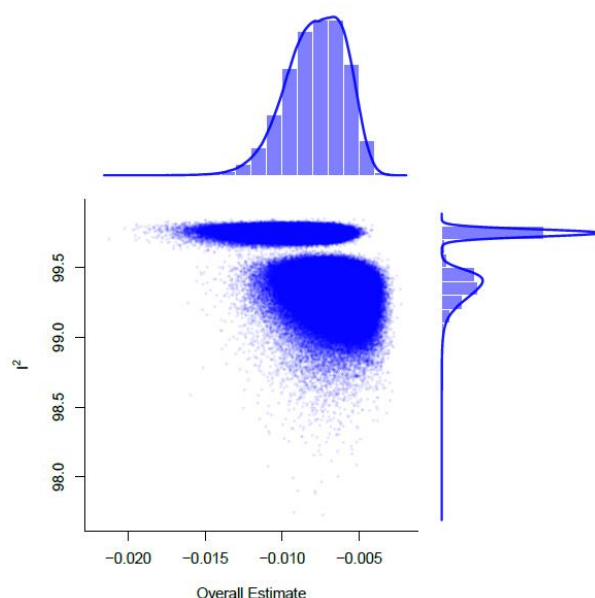


Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

5.2.3 Diagrama GOSH

O Diagrama GOSH gerado com um milhão de combinações aleatórias de subconjuntos dos conjuntos originais está apresentado na Figura 7. Pode ser visto que há dois grupos (*clusters*) nos dados. Um com valores um pouco menores de heterogeneidade e também com efeito de tamanho ligeiramente inferior (em módulo) e outro com maior heterogeneidade e com uma distribuição maior de valores do efeito de tamanho. Após análise dos *clusters*, verificou-se que os estudos pertencentes ao grupo com maior heterogeneidade eram condizentes com os apresentados no diagrama de Baujaut.

Figura 7 – Diagrama GOSH gerado com um milhão de combinações aleatórias de subconjuntos dos 85 conjuntos de dados originais.



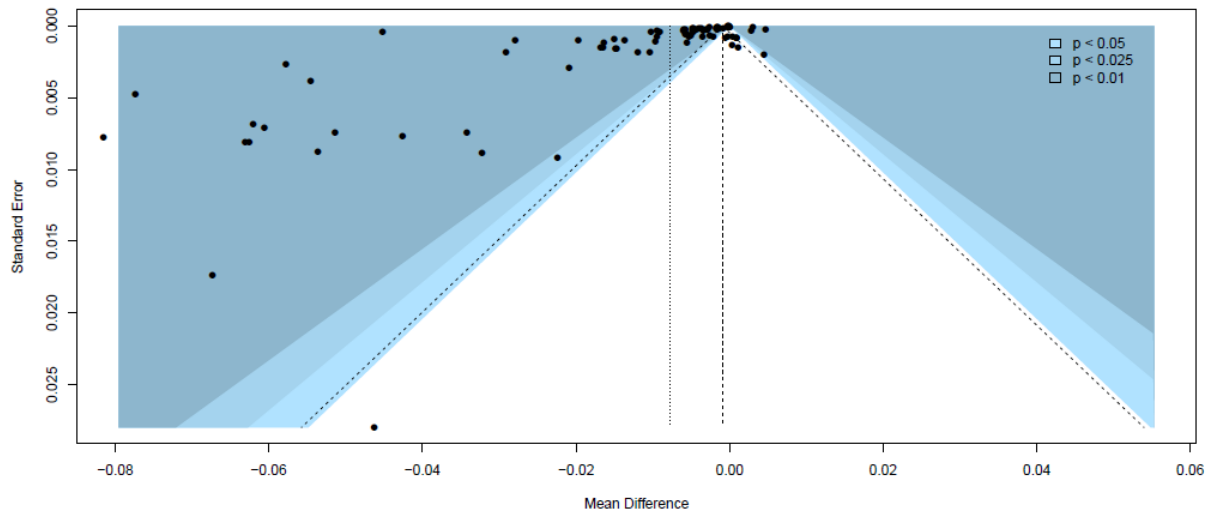
Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

5.2.4 Funnel plot

A Figura 8 apresenta o *funnel plot* obtido para os 85 conjuntos de dados originais estudados. Conforme pode ser visualizado, há muitos estudos com baixo erro, sendo que há uma grande concentração de estudos com efeito de tamanho baixo, ou seja, a diferença estatística entre as constantes de velocidade obtidas para as amostras tratadas com 1-MCP e as obtidas para as amostras controle foi pequena. Estes resultados acabaram tendo um peso grande no efeito de tamanho global. Além disso, a maioria dos valores está fora do funil o que

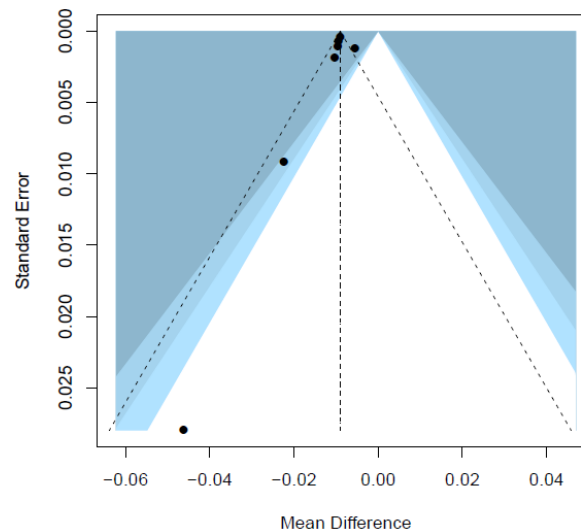
indica um grande viés no conjunto de dados como um todo. Após eliminação dos *outliers* considerando o modelo de efeitos aleatórios, observou-se que o viés foi eliminado dos resultados e que apenas um estudo contém resultado mais baixo para o efeito de tamanho, o que levou a um aumento na intensidade do efeito de tamanho nesta situação (ver Figura 9).

Figura 8 – *Funnel plot* obtido para os 85 conjuntos de dados originais.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Figura 9 – *Funnel plot* obtido para os 7 conjuntos de dados restantes após a eliminação dos *outliers* de acordo com o modelo de efeitos aleatórios.

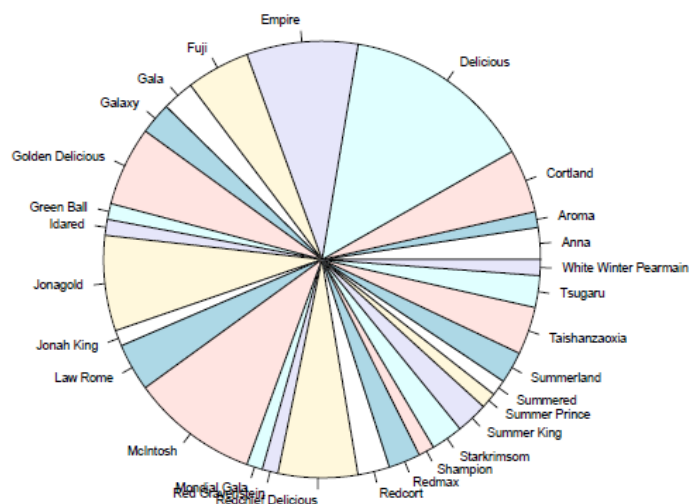


Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

5.2.5 Análise de subgrupos: influência da variedade da maçã

No que diz respeito à variedade das maçãs, nos 85 conjuntos de dados estudados, havia maçãs de 29 variedades diferentes, conforme mostra a Figura 10. Pode-se observar a irregularidade na distribuição das variedades das maçãs nos diferentes estudos sendo que 19 variedades foram utilizadas em no máximo 2 estudos, o que impede a validação estatística dos resultados.

Figura 10 – Distribuição das variedades de maçã nos diferentes estudos.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Os resultados obtidos no software após aplicação do modelo de efeitos aleatórios encontram-se no Apêndice D. A partir dos valores estimados para o efeito de tamanho de cada variedade, é possível concluir que há diferença estatística significativa devido aos cultivares. Segundo o Apêndice D, as variedades cujas firmezas foram mais afetadas pela adição de 1-MCP foram Aroma, Summer King, Summered, Red Gravenstein e Taishanzaoxia.

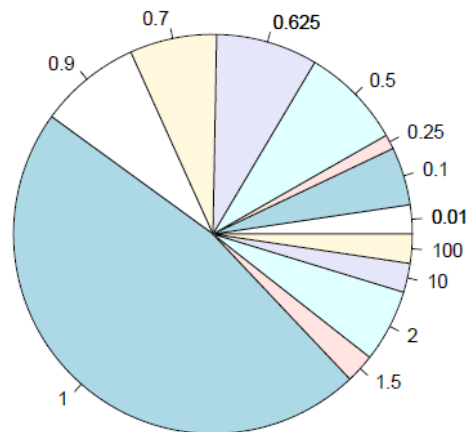
5.2.6 Análise de subgrupos: influência da dose de 1-MCP

A Figura 11 apresenta um diagrama de pizza com a distribuição de valores das doses de 1-MCP empregadas em cada conjunto de dados. Os valores estão expressos em $\mu\text{l/l}$. Embora a maioria dos estudos (40) tenha utilizado a concentração de 1 $\mu\text{l/l}$, também há uma grande distribuição de valores (foram utilizadas 12 diferentes doses de 1-MCP).

O Apêndice E inclui a saída do software após a análise de subgrupos com base na dose empregada de 1-MCP como critério. Pode ser observado que há diferença estatística significativa entre os diferentes grupos. Os resultados sugerem que as doses de 1-MCP que

provocaram uma maior diminuição na velocidade de alteração da firmeza foram 1,5 $\mu\text{l/l}$, 0,9 $\mu\text{l/l}$ e 0,625 $\mu\text{l/l}$. Como há concentrações que foram utilizadas em apenas um estudo, não é possível validar o resultado estatisticamente. Não foi possível avaliar quantitativamente o efeito dos subgrupos variedade da maçã e dose de 1-MCP porque o recomendado para aplicar uma metaregressão é que haja no mínimo 10 pontos por subgrupo, o que não se aplica aos dados utilizados no presente estudo (BORENSTEIN et al., 2011).

Figura 11 – Distribuição de concentrações de 1-MCP empregadas nos diferentes estudos.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

6 CONCLUSÕES

No presente estudo foi conduzida uma meta-análise para avaliar o efeito da adição de 1-MCP sobre a firmeza de maçãs. O efeito de tamanho estudado foi a constante de velocidade, a qual está relacionada com a taxa diária de perda de firmeza de maçãs. Foi observado um efeito negativo (a adição de 1-MCP diminui a constante de velocidade) de aproximadamente $0,0089 \text{ dia}^{-1}$. Dos 85 conjuntos de dados originais, foi verificado que 8 ou 7 satisfazem os critérios de heterogeneidade dependendo se estava sendo considerado um modelo de efeitos fixos ou aleatórios, respectivamente. Os resultados sugeriram que o efeito da adição de 1-MCP depende da variedade da maçã ou da concentração adicionada. Entretanto, não foi possível validar estes resultados do ponto de vista estatístico porque para muitas variedades ou doses adicionadas havia uma quantidade muito pequena de dados disponíveis.

REFERÊNCIAS

AGROFRESH. Disponível em: <<https://www.agrofresh.com/>> Acesso em: 8 de jan. 2020.

ALBERTI, A. et al. Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties. *LWT - Food Science and Technology*, v. 65, p. 436 – 443, 2016.

ALMEIDA, D. P. F.; PINTADO, M.; MALCATA, F. X. *Caracterização nutritiva e funcional de variedades de maçã de Alcobaça*. Centro de Biotecnologia e Química Fina, Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa, Porto, 2008, 28 p.

AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ERNANI, P. R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de “bitter pit” em maçãs Gala” por meio de infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 1, p. 27-34, 2010.

AMBAW, A. et al. Modeling the diffusion–adsorption kinetics of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in apple fruit and non-target materials in storage rooms. *Journal of Food Engineering*, v. 102, n. 3, p. 257–265, 2011.

AMBAW, A. et al. Porous medium modeling and parameter sensitivity analysis of 1-MCP distribution in boxes with apple fruit. *Journal of Food Engineering*, v. 119, n. 1, p. 13–21, 2013.

ARGENTA, L. C.; MATTHEIS, J; XUETONG, F. Delaying 'fuji' apple ripening by 1-mcp treatment and management of storage temperature. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 23, n. 2, p. 270-273, 2001.

ARSENEAULT, M. H.; CLINE, J. A. A review of apple preharvest fruit drop and practices for horticultural management. *Scientia Horticulturae*, v. 211, p. 40–52, 2016.

ATMODJO, M. A. et al. Galacturonosyltransferase (GAUT)1 and GAUT7 are the core of a plant cell wall pectin biosynthetic homogalacturonan: galacturonosyltransferase complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. v. 108, n. 50, p. 20225-20230, 2011.

AUNE, D. et al. Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*, v. 46, n. 3, p. 1029–1056, 2017.

BAO, M.-J. et al. Apple polyphenol protects against cigarette smoke-induced acute lung injury. *Nutrition*, v. 29, n. 1, p. 235–243, 2013.

BAPAT, V. A. Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*. v. 28, n. 1, p. 94-107, 2010.

BAUJAT, B. et al. A graphical method for exploring heterogeneity in meta-analyses: Application to a meta-analysis of 65 trials. *Statistics in Medicine*, v. 21, n. 18, p. 2641-2652, 2002.

BENDER, R. J.; LUNARDI, R. Perdas qualitativas de maçãs cv. Gala em armazenamento refrigerado. *Revista Brasileira Fruticultura*. v. 23, n. 3, p. 563-567, 2001.

BENDICH, A.; LANGSETH, L. Safety of vitamin A. *Am J Clin Nutr*, v. 49, n. 2, p. 358–371, 1989.

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

BLEICHER, J. *A cultura da macieira*. Florianópolis: EPAGRI, 2002. 743p.

BOECKX, J. et al. Regulation of the fermentative metabolism in apple fruit exposed to low-oxygen stress reveals a high flexibility. *Postharvest Biology and Technology*, v. 149, p. 118–128, 2019.

BORENSTEIN, M. et al. *Introduction to Meta-Analysis*. John Wiley & Sons, 2011, 421p.

BOSANČIĆ, B. et al. A main effects meta principal components analysis of netting effects on fruit: using apple as a model crop. *Plant Growth Regulation*, v. 86, p. 455–464, 2018.

BOTH, V. et al. Effect of storage under extremely low oxygen on the volatile composition of “Royal Gala” apples. *Food Chemistry*, v. 156, p. 50–57, 2014.

BOTH, V. et al. Effects of dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on some quality parameters and volatile profile of “Royal Gala” apple after long-term storage. *Food Chemistry*, v. 215, p. 483–492, 2017.

BRACKMANN, A. Armazenamento em atmosfera controlada. In: GIRARDI, Cesar Luís (Org.). *Maçã pós-colheita*. 1ª ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, 2004. p. 67–95.

BRACKMANN, A. Uso da atmosfera controlada é recente no Brasil. *Visão Agrícola*, n. 7, p. 50–52, 2007.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. *Ciência Rural*, v. 34, p. 1215-1220, 2004.

BRACKMANN, A. et al. Controlled atmosphere-storage conditions for 'Royal Gala' apples of different sizes. *Ciência Rural*. v. 35, p. 1049-1053, 2005.

BRACKMANN, A. et al. Postharvest quality maintenance of 'Royal Gala' and 'Galaxy' apples stored under controlled atmosphere. *Ciência Rural*, v.38, n.9, p.2478-2484, 2008.

BRACKMANN, A. et al. Application of 1-methylcyclopropene and ethylene absorption on 'Royal Gala' apple late harvested. *Ciência Rural*. v. 40, n. 10, p. 2074-2080, 2010.

BRACKMANN, A. et al. Application of 1-methylcyclopropene, initial low oxygen stress and storage in ultralow oxygen on Fuji apples quality. *Ciência Rural*. v. 42, n. 8, p. 1386-1391, 2012.

BRANDT, M. *“Frey”burgo: acumulação de capital no setor madeiro e continuidade política no município de Fraiburgo na década de 1960*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em História) – Centro de Educação, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BULENS, I. et al. Modeling of Ethylene biosynthesis during ripening and CA storage of “Jonagold” apples. *Acta Horticulturae*, v. 876, p. 85-90, 2010.

BULENS, I. et al. Protocol: An updated integrated methodology for analysis of metabolites and enzyme activities of ethylene biosynthesis. *Plant Methods*, v. 7, p. 17-17, 2011.

BULENS, I. et al. Influence of harvest time and 1-MCP application on postharvest ripening and ethylene biosynthesis of 'Jonagold' apple. *Postharvest Biology and Technology*. v. 72, p. 11-19, 2012.

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

CAO, Y. et al. Functional characterization of a tomato COBRA-like gene functioning in fruit development and ripening. *BMC Plant Biology*. v. 12, n. 1, p. 211-226, 2012.

CHANG, C. Q. A. How do plants respond to ethylene and what is its importance? *BMC Biology*. v. 14, n. 7, p. 1-7, 2016.

CHANG, H. Y.; VICKERS, Z. M.; TONG, C. B. S. The use of a combination of instrumental methods to assess change in sensory crispness during storage of a "Honeycrisp" apple breeding family. *Journal of Texture Studies*, v. 49, n. 2, p. 228-239, 2018.

CHIRIBOGA, M. et al. Cold-induced changes in ACC metabolism determine softening recovery in 1-MCP treated 'conference' pears. *Postharvest Biology and Technology*. v. 68, p. 78-85, 2012.

CIESA, F. et al. Discrimination of four different postharvest treatments of "Red Delicious" apples based on their volatile organic compound (VOC) emissions during shelf-life measured by proton transfer reaction mass spectrometry (PTR-MS). *Postharvest Biology and Technology*, v. 86, p. 329-336, 2013.

CLIFF, M. A.; TOIVONEN, P. M. A. Sensory and quality characteristics of "Ambrosia" apples in relation to harvest maturity for fruit stored up to eight months. *Postharvest Biology and Technology*, v. 132, p. 145-153, 2017.

COSTA, F. et al. Map position and functional allelic diversity of Md-Exp7, a new putative expansin gene associated with fruit softening in apple (*Malus × domestica* Borkh.) and pear (*Pyrus communis*). *Tree Genetics & Genomes*. v. 4, n. 3, p. 575-586, 2008.

COSTA, F. et al. QTL dynamics for fruit firmness and softening around an ethylene-dependent polygalacturonase gene in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *J Expt Botany*, v. 61, p. 3029-3039, 2010a.

COSTA, F. et al. Use of homologous and heterologous gene expression profiling tools to characterize transcription dynamics during apple fruit maturation and ripening. *BMC Plant Biology*. v. 10, n. 1, p. 229-246, 2010b.

COSTA, F. et al. Advances in QTL mapping for ethylene production in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Postharvest Biology and Technology*, v. 87, p. 126-132, 2014.

CZELUSKNIAK, C.; OLIVEIRA, M. C. S.; NOGUEIRA, A. Qualidade de maçãs comerciais produzidas no Brasil: aspectos físico-químicos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.6, n.1, p.25-31, 2003.

DAL CIN, V. et al. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 42, n. 2, p. 125–133, 2006.

DE LONG, J. M.; PRANGE, R. K.; HARRISON, P. A. The influence of 1-methylcyclopropene on ‘Cortland’ and ‘McIntosh’ apple quality following long-term storage. *Hort Science*, v. 39, p. 1062-1065, 2004.

DE OLIVEIRA ANESE, R. et al. Interaction of 1-methylcyclopropene, temperature and dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on “Galaxy” apples storage. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 20, p. 1-11, 2019.

DEELL, J. R.; AYRES, J. T.; MURR, D. P. 1-Methylcyclopropene influences “Empire” and “Delicious” apple quality during long-term commercial storage. *HorTechnology*, v. 17, n. 1, p. 46–51, 2007.

DEELL, J. R.; EHSANI-MOGHADDAM, B. Delayed controlled atmosphere storage affects storage disorders of “Empire” apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 67, p. 167–171, 2012.

DEELL, J. R.; LUM, G. B.; EHSANI-MOGHADDAM, B. Effects of multiple 1-methylcyclopropene treatments on apple fruit quality and disorders in controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 111, p. 93–98, 2016a.

DEELL, J. R.; LUM, G. B.; EHSANI-MOGHADDAM, B. Elevated carbon dioxide in storage rooms prior to establishment of controlled atmosphere affects apple fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, v. 118, p. 11–16, 2016b.

DING, R. et al. Effects of 1-MCP and storage temperature on transcription of melavonate (MVA) enzyme genes of α -farnesene in “White Winter Pearmain” apples fruit. *Scientia Horticulturae*, v. 259, p. 108841, 2020.

DOERFLINGER, F. C. et al. An economic analysis of harvest timing to manage the physiological storage disorder firm flesh browning in “Empire” apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 107, p. 1–8, 2015.

DOERFLINGER, F. C. et al. Preharvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) effects on ethylene and starch concentrations of “Empire” and “McIntosh” apples. *Scientia Horticulturae*, v. 244, p. 134–140, 2019.

DONG, X. et al. Differences in 1-methylcyclopropene sorption dynamics in fresh-cut apple, avocado and tomato fruits. *Food Chemistry*, v. 271, p. 466–468, 2019.

DU, L., et al. Quantitative proteomic changes in development of superficial scald disorder and its response to diphenylamine and 1-MCP treatments in apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 123, p. 33–50, 2017.

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*, v. 36, p.1109-1117, 2013.

EGEA, M. B. *Desenvolvimento de produto funcional : maçã desidratada contendo frutooligossacarídeos (FOS)*. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, p. 110, 2010.

EISENSTECKEN, D. et al. Near-infrared reflection spectroscopy and partial least squares regression to predict α -farnesene and conjugated trienol content in apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 117, p. 49–56, 2016.

FABIANI, R.; MINELLI, L.; ROSIGNOLI, P. Apple intake and cancer risk: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Public Health Nutrition*, v. 19, n. 14, p. 2603-2617, 2016.

FALAGÁN, N.; TERRY, L. 1-Methylcyclopropene maintains postharvest quality in Norwegian apple fruit. *Food Science and Technology International*, v. 1, p. 1-10, 2019.

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/>> Acesso em: 16 de nov. 2019.

FARNETI, B. et al. Use of the index of absorbance difference (IAD) as a tool for tailoring post-harvest 1-MCP application to control apple superficial scald. *Scientia Horticulturae*, v. 190, p. 110–116, 2015.

FERREE, D.; WARRINGTON, I. *Apples – Botany, production and uses*. Cambridge: CAB International. 660 p., 2003.

FERTONANI, H. C. R. et al. Influência da concentração de ácidos no processo de extração e na qualidade de pectina de bagaço de maçã. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 27, n. 4, p. 599-612, 2006.

FLEISS, J. L. Review papers: The statistical basis of meta-analyses. *Statistical Methods in Medical Research*, v. 2, n. 2, p. 121-145, 1993.

FIGUEIREDO FILHO, D. B. et al. O que é, para que serve e como se faz uma meta-análise? *Revista de Ciência Política: Teoria da Pesquisa*, n. 23, v. 2, p. 205-228, 2014.

FIORAVANÇO, J. C. et al. Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal. Bento Gonçalves: *Embrapa Uva e Vinho*, v. 71, 60 p., 2010.

FREITAS, D. C. L. et al. Relação da textura e atributos de qualidade em maçã ‘Gala’. *Revista da 15ª Jornada de Pós graduação e Pesquisa*, v. 15, n. 15, 2018.

GAGO, C. M. L. et al. Effect of harvest date and 1-MCP (SmartFresh™) treatment on “Golden Delicious” apple cold storage physiological disorders. *Postharvest Biology and Technology*, v. 110, p. 77–85, 2015.

GAGO, C. M. L. et al. Effect of Calcium chloride and 1-MCP (Smartfresh™) postharvest treatment on “Golden Delicious” apple cold storage physiological disorders. *Scientia Horticulturae*, v. 211, p. 440–448, 2016.

GINÉ BORDONABA, J. et al. Dynamic changes in conjugated trienols during storage may be employed to predict superficial scald in “Granny Smith” apples. *LWT - Food Science and Technology*, v. 54, n. 2, p. 535–541, 2013.

GIRARDI, C. L.; NACHTIGALL, G. R., PARUSSOLO, A. Fatores pré-colheita que interferem na qualidade da fruta. C.L. Girardi (Ed.), *Frutas do Brasil maçã pós-colheita*, *Embrapa Informação Tecnológica*, Brasília, p. 24-34, 2004.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*. v. 5, p. 3-8, 1976.

GONG, D. et al. A comparison of postharvest physiology, quality and volatile compounds of “Fuji” and “Delicious” apples inoculated with *Penicillium expansum*. *Postharvest Biology and Technology*, v. 150, p. 95–104, 2019.

GRIMM, E. et al. Structural and physiological changes associated with the skin spot disorder in apple. *Postharvest Biology and Technology*, v. 64, n. 1, p. 111–118, 2012.

GUNES, G.; WATKINS, C. B.; HOTCHKISS, J. H. Effects of irradiation on respiration and ethylene production of apple slices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 80, n. 8, p. 1169-1175, 2000.

GUSTAVSSON, J. et al. Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. Roma: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2011.

GWANPUA, S. G. et al. Kinetic modeling of firmness breakdown in “Braeburn” apples stored under different controlled atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v. 67, p. 68–74, 2012.

GWANPUA, S. G. et al. Pectin modifications and the role of pectin-degrading enzymes during postharvest softening of Jonagold apples. *Food Chemistry*, v. 158, n. 1, p. 283-291, 2014.

GWANPUA, S. G. et al. Expression analysis of candidate cell wall-related genes associated with changes in pectin biochemistry during postharvest apple softening. *Postharvest Biology and Technology*, v. 112, p. 176-185, 2016.

GWANPUA, S. G. et al. A mechanistic modeling approach to understand 1-MCP inhibition of ethylene action and quality changes during ripening of apples. *Journal of Food Science and Agriculture*, v. 97, n. 11, p. 3802-3813, 2017a.

GWANPUA, S. G. et al. A conceptual model of the inhibitory effect of 1-methylcyclopropene on ripening of apples. *Acta Horticulturae*, v. 1154, p. 41-46, 2017b.

GWANPUA, S. G.; QIAN, Z.; EAST, A. R. Modelling ethylene regulated changes in ‘Hass’ avocado quality. *Postharvest Biology and Technology*, v. 136, p. 12-22, 2018.

HACKBARTH, C. et al. Postharvest quality of Galaxy apples submitted to the treatment with 1 - MCP and different cooling times between harvest and cold storage. *Ciência Rural*, v. 47, n. 8, p. 1-7, 2017.

HARB, J. et al. Upregulation of polyphenol-related genes prevents “skin burning” of well-colored “Cameo” apples stored under stressful controlled atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v. 77, p. 121–127, 2013.

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

HATOUM, D. et al. Targeted metabolomics study of “Braeburn” apples during long-term storage. *Postharvest Biology and Technology*, 96, 33–41, 2014.

HATOUM, D. et al. Effect of browning related pre- and postharvest factors on the “Braeburn” apple metabolome during CA storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 111, p. 106–116, 2016.

HEDGES, L. V.; OLKIN, I. Statistical Methods for Meta-Analyses. London: Academic Press, 1985, 1st Ed. 369p.

HIGGINS, J. P. T. et al. Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, v. 327, p. 557-560, 2003.

HONAAS, L. A. et al. Co-expression networks provide insights into molecular mechanisms of postharvest temperature modulation of apple fruit to reduce superficial scald. *Postharvest Biology and Technology*, v. 149, p. 27–41, 2019.

IBGE. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal. *Tabela 1613 – Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes*. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

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

IMBEAU, L. M.; PÉTRY, F.; LAMARI, M. Left-right party ideology and government policies: A meta-analysis. *European Journal of Political Research*, v. 40, n. 1, 2001.

IWANAMI, H. et al. Instrumental measurements of juiciness and freshness to sell apples with a premium value. *Scientia Horticulturae*, v. 214, p. 66–75, 2017.

JOHNSTON, J. W.; HEWETT, E. W.; HERTOOG, M. L. Postharvest softening of apple (*Malus x domestica*) fruit: a review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, v. 30, n. 3, p. 145-160, 2002.

JU, C; CHANG, C. Mechanistic insights in ethylene perception and signal transduction. *Plant Physiology*, v. 169, n. 1, p. 85-96, 2015.

JUNG, S.-K.; WATKINS, C. B. Internal ethylene concentrations in apple fruit at harvest affect persistence of inhibition of ethylene production after 1-methylcyclopropene treatment. *Postharvest Biology and Technology*, v. 96, p. 1–6, 2014.

JUNIPER, B.; MABBERLEY, D. *The Story of the apple*. Portland: Timber Press Inc., 2006. 219 p.

KEENAN, D. F. et al. Selecting apple cultivars for use in ready-to-eat desserts based on multivariate analyses of physico-chemical properties. *LWT - Food Science and Technology*, v. 48, n. 2, p. 308–315, 2012.

KIEWNING, D.; BAAB, G.; SCHMITZ-EIBERGER, M. Effect of 1-MCP treatment on the apple (*Malus domestica* L. Borkh.) allergen Mal d 1 during long-term storage. *LWT - Food Science and Technology*, v. 53, n. 1, p. 198–203, 2013.

KIST, B. B. et al. *Anuário Brasileiro da Maçã 2017*. Santa Cruz: Gazeta Santa Cruz, 2017. 56 p.

KIST, B. B. et al. *Anuário Brasileiro da Maçã 2018*. Santa Cruz: Gazeta Santa Cruz, 2018. 56 p.

KIST, B. B. et al. *Anuário Brasileiro da Maçã 2019*. Santa Cruz: Gazeta Santa Cruz, 2019. 56 p.

KLEIN, B. et al. Development of dispersive solvent extraction method to determine the chemical composition of apple peel wax. *Food Research International*, v. 116, p. 611-619, 2019.

KOLNIAK-OSTEK, J. et al. 1-Methylcyclopropene postharvest treatment and their effect on apple quality during long-term storage time. *European Food Research and Technology*, v. 239, n. 4, p. 603–612, 2014.

LEE, J. et al. Antioxidant metabolism of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treated “Empire” apples during controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 65, p. 79–91, 2012.

LEE, J. et al. Antioxidant metabolism in stem and calyx end tissues in relation to flesh browning development during storage of 1-methylcyclopropene treated “Empire” apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 149, p. 66–73, 2019.

LEE, J. S. et al. Influence of wounding and aging on 1-MCP sorption and metabolism in fresh-cut tissue and cell-free homogenates from apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 67, p. 52–58, 2012.

LEMOS, N. et al. Estudo comparativo de diferentes grupos de variedades de macieiras. *Revista Millenium*, v. 14, n. 37, 2009.

LEWICKI, P. P.; LUKASZUK, A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. *Journal of Food Engineering*, v. 45, p. 119–126, 2000.

LEWIS, S.; CLARKE, M. Forest plots: trying to see the wood and the trees. *British Medical Journal*, v. 322, p. 1479–1480, 2001.

LI, F. et al. Ethylene effects on apple fruit cuticular wax composition and content during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 134, p. 98–105, 2017a.

LI, J. et al. 1-methylcyclopropene (1-MCP) suppressed postharvest blue mold of apple fruit by inhibiting the growth of *Penicillium expansum*. *Postharvest Biology and Technology*, v. 125, p. 59–64, 2017b.

LI, L. et al. RIN transcription factor plays an important role in ethylene biosynthesis of tomato fruit ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 91, n. 13, p. 2308–2314, 2011.

LI, L. et al. Effects of the ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*, v. 111, p. 322–329, 2016.

LI, M.; FENG, F.; CHENG, L. Expression patterns of genes involved in sugar metabolism and accumulation during apple fruit development. *PLoS ONE*, v. 7, n. 3, p. 330–355, 2012.

LI, M. et al. Hypersensitive ethylene signaling and ZMdPG1 expression lead to fruit softening and dehiscence. *PLoS ONE*. v. 8, n. 3, p. e58745, 2013.

LIU, R. et al. Molecular basis of 1-methylcyclopropene regulating organic acid metabolism in apple fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 117, p. 57–63, 2016.

LOUGHI, S. et al. A candidate gene-based approach validates Md-PG1 as the main responsible for a QTL impacting fruit texture in apple (*Malus x domestica* Borkh). *BMC plant biology*, v. 13, n. 4, p. 37-50, 2013.

LU, X. et al. Effects of repeated 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on ripening and superficial scald of “Cortland” and “Delicious” apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 78, p. 48–54, 2013.

LU, X. et al. Effects of 1-MCP in combination with Ca application on aroma volatiles production and softening of ‘Fuji’ apple fruit. *Scientia Horticulturae*, v. 229, p. 91-98, 2018.

LUM, G. B. et al. Pre-storage conditioning ameliorates the negative impact of 1-methylcyclopropene on physiological injury and modifies the response of antioxidants and γ -aminobutyrate in “Honeycrisp” apples exposed to controlled-atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v. 116, p. 115–128, 2016.

LV, J. et al. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the expression of genes involved in the chlorophyll degradation pathway of apple fruit during storage. *Food Chemistry*, v. 308, n. 125707, 2019.

MA, Y. et al. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in relation to flesh browning of stem-end and calyx-end tissues of “Empire” apples during controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 108, p. 1–7, 2015.

MA, Y. et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP), storage time, and shelf life and temperature affect phenolic compounds and antioxidant activity of “Jonagold” apple. *Postharvest Biology and Technology*, v. 150, p. 71–79, 2019.

MAC MILLAN, C. P. et al. Fasciclin-like arabinogalactan proteins: specialization for stem biomechanics and cell wall architecture in *Arabidopsis* and *Eucalyptus*. *Plant Journal*, v. 62, n. 4, p. 689-703, 2010.

MAO, L.; LU, F.; WANG, G. Application of 1-methylcyclopropene reduces wound responses and maintains quality in fresh-cut apple. *Asia Pac J Clin Nutr.*, v. 16, n. 1, p. 111-115, 2007.

MAZZURANA, E. R. et al. Potential benefits of temperature increase during storage under controlled atmosphere of 'gala' apples treated with 1-MCP/Potenciais beneficios do aumento da temperatura de armazenagem em atmosfera controlada de macas 'gala' tratadas com 1-MCP1. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 1, p. 43-53, 2016.

MC AUSLAND, L. *Apple Facts*. Institute of Food Research (IFR), 2009.

MDITSHWA, A. et al. Impact of dynamic controlled atmospheres on reactive oxygen species, antioxidant capacity and phytochemical properties of apple peel (cv. Granny Smith). *Scientia Horticulturae*, v. 216, p. 169–176, 2017a.

MDITSHWA, A. et al. Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in “Granny Smith” apples for long distance supply chains. *Postharvest Biology and Technology*, v. 127, p. 27–34, 2017b.

MDITSHWA, A. et al. Repeated application of dynamic controlled atmospheres reduced superficial scald incidence in “Granny Smith” apples. *Scientia Horticulturae*, v. 220, p. 168–175, 2017c.

MDITSHWA, A.; FAWOLE, O. A.; OPARA, U. L. Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples - A review. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 16, p. 59–68, 2018.

MILLER, V. et al. Availability, affordability, and consumption of fruits and vegetables in 18 countries across income levels: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet Glob Health*, v. 4, p. 695–703, 2016.

MIR, N. A.; BEAUDRY, R. M. Use of 1 MCP to reduce the requirement for refrigeration and modified-atmospheres in the storage of apple fruit. In.: International Conference On Postharvest Science, 2000. *Anais...*, Jerusalem, Israel, ISHS/ARO, 2000, p. 23.

MIR, N. A. et al. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of “Redchief Delicious” apples. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, v. 126, n. 5, p. 618-624.

MOREIRA, M. R. et al. Preservation of fresh-cut apple quality attributes by pulsed light in combination with gellan gum-based prebiotic edible coatings. *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, n. 2, 1130–1137, 2015.

MUÑOZ-BERTOMEU, J.; MIEDES, E.; LORENCES, E. P. Expression of xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase (XTH) genes and XET activity in ethylene treated apple and tomato fruits. *Journal of Plant Physiology*, v. 170, n. 13, p. 1194–1201, 2013.

MUSACCHI, S.; SERRA, S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, v. 234, p. 409-430, 2018.

NATIONAL NUTRITION COUNCIL - NNC. *Dietary recommendations to improve public health and prevent chronic diseases*. Methodology and scientific basis. 2011. Disponível em: <<https://www.nnc.gov.ph/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

NATIONAL NUTRITION RESEARCH ROADMAP (NNRR) 2016–2021: *Advancing Nutrition Research to Improve and Sustain Health*. Interagency Committee on Human Nutrition Research. Washington, DC: Interagency Committee on Human Nutrition Research; 2016. Disponível em: <https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads/2016-03-30-%20ICHNR%20NNRR%20%282%29.pdf> Acesso em: 20 mar. 2020.

NEVES, N.; LOPES, A. *Projecto PAMAF 6114 – Preservação de variedades regionais de pomóideas na região Centro-Norte*. PAMAF, 2000.

NG, J. K. T. et al. Cell wall structures leading to cultivar differences in softening rates develop early during apple (*Malus x domestica*) fruit growth. *BMC Plant Biology*. v.13, p.183-183, 2013.

NG, J. K. T. et al. Lower cell wall pectin solubilisation and galactose loss during early fruit development in apple (*Malus x domestica*) cultivar ‘Scifresh’ are associated with slower softening rate. *Journal of Plant Physiology*, v. 176, p. 129-137, 2015.

NIU, J. P. et al. Comparative study of effects of resveratrol, 1-MCP and DPA treatments on postharvest quality and superficial scald of “Starkrimson” apples. *Scientia Horticulturae*, v. 240, p. 516-521, 2018.

NOCK, J. F.; WATKINS, C. B. Repeated treatment of apple fruit with 1-methylcyclopropene (1-MCP) prior to controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 79, p. 73–79, 2013.

NOGUEIRA, A. et al. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã. *Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.*, v. 9, n. 3, p. 7-14, 2003.

NUNES, C. F. P. *Estudo transcricional em maçãs cv. gala durante o armazenamento*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, 2019.

OLKIN, I.; DAHABREH, I. J.; TRIKALINOS, T. A. GOSH – A graphical display of study heterogeneity. *Research Synthesis Methods*, v. 3, n. 3, p. 214-223, 2012.

PENEAU, S. et al. Importance and consumer perception of freshness of apples. *Food Quality and Preference*, v. 17, n. 1, p. 9-19. 2006.

PEREIRA, L. B.; SIMIONI, F. J.; CARIO, S. A. F. Evolução da produção de maçã em Santa Catarina: novas estratégias em busca da competitividade. In: XLIV Congresso Da Sober “Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento”. *Anais...*2006.

PRE-AYMARD, C. et al. Sensory analysis and instrumental measurements of “Anna” apples treated with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, v. 36, n. 2, p. 135–142, 2005.

PUTNIK, P.; BURSAC KOVACEVIC, D.; DRAGOVIC-UZELAC, V. Influence of acidity and extraction time on the recovery of flavonoids from grape skin pomace optimized by response surface methodology. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, v. 30, p. 455-464, 2016.

QIU, S. et al, Effect of 1-MCP on quality and antioxidant capacity of in vitro digests from “Sunrise” apples stored at different temperatures. *Food Research International*, v. 42, n. 3, p. 337–342, 2009.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em <http://www.r-project.org>, 2016.

RIBEIRO, P. A. Descrição e comportamento de algumas cultivares de macieira no Sul do Brasil. In: *Manual da cultura da macieira*. Florianópolis. EMPASC. 1985. cap. 4, p. 59-91.

ROSCOE, D. D.; JENKINS, S. A Meta-Analysis of Campaign Contributions’ Impact on Roll Call Voting. *Social Science Quarterly*, v. 86, n. 1, 2005.

RUPASINGHE, H. P. V. et al. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in “McIntosh” and “Delicious” apples. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v. 75, n. 3, p. 271–276, 2000.

SABA, M. K.; WATKINS, C. B. Flesh browning development of ‘Empire’ apple during a shelf life period after 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and controlled atmosphere storage, *Scientia Horticulturae*, v. 261, p. 1-5, 2020.

SAKALDAS, M.; GUNDOGDU, M. A. The effects of preharvest 1-methylcyclopropene (Harvista) treatments on harvest maturity of “Golden Delicious” apple cultivar. *Acta Horticulturae*, v. 1139, p. 601–608, 2016.

SALGADO, J. M.; CURTE, F.; MANSI, D. N. Effect of gala apples (*Malus domestica* Borkh) on lipidemia of hyperlipidemic rats. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 28, n. 2, p. 477-484, 2008.

SALVIA-TRUJILLO, L. et al. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 105, p. 8–16, 2015.

SATO, A. C. K.; SANJINÉZ-ARGANDOÑA, E. J.; CUNHA, R. L. Avaliação das propriedades físicas, químicas e sensorial de preferência de goiabas em calda industrializadas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 24, n. 4, p. 550-555, 2004.

SCHRÖDER, M.; LINK, H.; BANGERTH, K. F. Correlative polar auxin transport to explain the thinning mode of action of benzyladenine on apple. *Scientia Horticulturae*, v. 153, p. 84–92, 2013.

SCHWARZER, G.; CARPENTER, J. R.; RÜCKER, G. *Meta-analysis with R*. Springer, 2015, 252p.

SEIFERT, G. J.; ROBERTS, K. The biology of arabinogalactan proteins. *Annual Review Plant Biology*, v. 58, p. 137-161, 2007.

SHANGGUAN, L. et al. Mining and comparison of the genes encoding the key enzymes involved in sugar biosynthesis in apple, grape, and sweet orange. *Scientia Horticulturae*, v. 165, p. 311- 318, 2014.

STERNE, J. A. C. et al. Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomized controlled trials. *British Medical Journal*, v. 342, p. d4002, 2011.

SMITH, C. J. et al. Inheritance and effect on ripening of antisense polygalacturonase genes in transgenic tomatoes. *Plant Molecular Biology*. v. 14, n. 3, p. 369-379, 1990.

STEENKAMP, J.; VAN ZYL, H. J.; WESTRAAD, I. A preliminary evaluation of various chemical substances for the control of calyx-end russetting in ‘Golden Delicious’. *Journal of Horticultural Science*, v. 59, n. 4, p. 501-505, 1984.

STORCH, T. T. et al. Ethylene-dependent regulation of an α -l-arabinofuranosidase is associated to firmness loss in “Gala” apples under long term cold storage. *Food Chemistry*, v. 182, p. 111–119, 2015.

SZYMANSKA-CHARGOT, M.; ADAMIAK, A.; ZDUNEK, A. Pre-harvest monitoring of apple fruits development with the use of biospeckle method. *Scientia Horticulturae*, v. 145, p. 23–28, 2012.

TACO - *Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP*. 4. ed. Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011, 161p. Disponível em: http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4-versao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 23 nov. 2019.

TATSUKI, M. et al. Cold pre-treatment is effective for 1-MCP efficacy in “Tsugaru” apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 62, n. 3, p. 282–287, 2011.

TEMPLE, H. et al. The inside and outside: topological issues in plant cell wall biosynthesis and the roles of nucleotide sugar transporters. *Glycobiology*. v. 26, n. 9, p. 913-925, 2016.

THEWES, F. R. et al. Dynamic controlled atmosphere and ultralow oxygen storage on ‘Gala’ mutants quality maintenance. *Food Chemistry*. v. 188, n. 1, p. 62-70, 2015a.

THEWES, F. R. et al. 1-methylcyclopropene effects on volatile profile and quality of ‘Royal Gala’ apples produced in Southern Brazil and stored in controlled atmosphere. *Ciência Rural*., v. 45, n. 12, p. 2259-2267, 2015b.

THEWES, F. R. et al. Dynamic controlled atmosphere storage suppresses metabolism and enhances volatile concentrations of “Galaxy” apple harvested at three maturity stages. *Postharvest Biology and Technology*, v. 127, p. 1–13, 2017.

THEWES, F. R. et al. Effect of dynamic controlled atmosphere monitored by respiratory quotient and 1-methylcyclopropene on the metabolism and quality of “Galaxy” apple harvested at three maturity stages. *Food Chemistry*, v. 222, p. 84–93, 2017.

THONGKUM, M. et al. Characterization and differential expression of ethylene receptor genes during fruit development and dehiscence of durian (*Durio zibethinus*). *Scientia Horticulturae*, v. 240, p. 623–630, 2018.

TIJSKENS, L. M. M. et al. Biological variance in the colour of Granny Smith apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 50, n. 2-3, p. 153–163, 2008.

TOEBE, M. et al. Dimensionamento amostral para avaliar firmeza de polpa e cor da epiderme em pêssgo e maçã. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 1026-1035, 2011.

TOIVONEN, P. M. A.; HAMPSON, C. R. Relationship of IAD index to internal quality attributes of apples treated with 1-methylcyclopropene and stored in air or controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, v. 91, p. 90–95, 2014.

TOMIC, N. et al. Effects of 1-methylcyclopropene and diphenylamine on changes in sensory properties of “Granny Smith” apples during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 112, p. 233–240, 2016.

TORALLES, Í. G. *A relação entre 1-metilciclopropeno e o progresso da podridão “olho-de-boi” (Neofabraea brasiliensis) em maçãs ‘MaxiGala’*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019, 97 p.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structure effects. *Journal of Food Engineering*, v. 49, p. 247-253, 2001.

USDA - United States Department of Agriculture - *Foreign Agricultural Service. Fresh Apples, Grapes, and Pears: World Markets and Trade*, 2019.

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

VAN DER SMAN, R. G. M.; SANDERS, M. Prediction of postharvest firmness of apple using biological switch model. *Journal of Theoretical Biology*, v. 310, p. 239–248, 2012.

VASQUES, A. R. et al. Avaliação sensorial e determinação de vida-de-prateleira de maçãs desidratadas. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 759-765, 2006.

VELASCO, R. et al. The genome of the domesticated apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Nature Genetics*. v. 42, p. 833-839, 2010.

VERONIKI, A. A. et al. Methods to estimate the between-study variance and its uncertainty in meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, v. 7, n. 1, p. 55-79, 2016.

VIECHTBAUER, W.; CHEUNG, M. W-L. Outlier and influence diagnostics for meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, v. 1, n. 2, p. 112-125, 2010.

VILLALOBOS-ACUÑA, M. G. et al. Effect of maturity and cold storage on ethylene biosynthesis and ripening in ‘Bartlett’ pears treated after harvest with 1-MCP. *Postharvest Biology and Technology*, v. 59, n. 1, p. 1-9, 2011.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v. 44, n. 3, p. 701-705, 1996.

WANG, H; FENG, H.; LUO, Y. G. Control of browning and microbial growth on fresh-cut apples by sequential treatment of sanitizers and calcium ascorbate. *Journal of Food Science*, v. 72, M1-M7, 2007.

WANG, S. et al. Absciscic acid is involved in aromatic ester biosynthesis related with ethylene in green apples. *Journal of Plant Physiology*, v. 221, p. 85–93, 2018.

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

WATKINS, C. B.; NOCK, J. F. Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 69, p. 24–31, 2012.

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*, v. 19, n. 1, p. 17–32, 2000.

WEBER, A. et al. Dynamic controlled atmosphere (DCA): interaction between DCA methods and 1-methylcyclopropene on “Fuji Suprema” apple quality. *Food Chemistry*, v. 235, p. 136–144, 2017.

WEBER, A. et al. Dynamic controlled atmosphere: Impact of elevated storage temperature on anaerobic metabolism and quality of “Nicoter” apples. *Food Chemistry*, v. 298, p. 1-10, 2019.

WIN, N. M. et al. Characterization of fruit quality attributes and cell wall metabolism in 1-Methylcyclopropene (1-MCP)-treated “Summer King” and “Green Ball” apples during cold storage. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 1513, 2019.

WOSIACKI, G.; PHOLMAN, B. C.; NOGUEIRA, A. Característica de qualidade de cultivares de maçã: avaliação físico-química e sensorial de quinze cultivares. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 24, n. 3, p. 347-352, 2004.

XU, F. et al. Effect of ultrasonic treatment combined with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage quality and ethylene receptors gene expression in harvested apple fruit. *Journal of Food Biochemistry*, v. 43, n. 8, p. e12967, 2019.

YANG, X. et al. Allergen related gene expression in apple fruit is differentially controlled by ethylene during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, v. 63, n. 1, p. 40–49, 2012.

YANG, X. et al. Effect of ethylene and 1-MCP on expression of genes involved in ethylene biosynthesis and perception during ripening of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 78, p. 55–66, 2013.

YANG, X. et al. Ethylene and 1-MCP regulate major volatile biosynthetic pathways in apple fruit. *Food Chemistry*, v. 194, p. 325–336, 2016.

YANG, Y. et al. Analysis of the inhibitory effect of 1-Methylcyclopropene on skin greasiness in postharvest apples by revealing the changes of wax constituents and gene expression. *Postharvest Biology and Technology*, v. 134, p. 87–97, 2017.

YOO, J.; KANG, I. K. Effect of cold storage and 1-methylcyclopropene treatment on fruit storage potential of ‘Summer Prince’ and ‘Summer King’ apples. *Korean J. Food Preserv.*, v. 27, n. 2, p.137-144, 2020.

YURI, H. M.; MARTINES FILHO, J. G. Maçã: preferência do consumidor e regularidade de oferta. *Preços Agrícolas*, v. 14, n. 156, p. 44-45, 1999.

ZARO, M. *Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios*. Caxias do Sul, RS: Educs, 2018.

ZDUNEK, A. et al. Evaluation of apple texture with contact acoustic emission detector: A study on performance of calibration models. *Journal of Food Engineering*, v. 106, n. 1, p. 80–87, 2011.

ZHANG, W. et al. Potassium fertilization arrests malate accumulation and alters soluble sugar metabolism in apple fruit. *Biology Open*. v. 7, n. 12, p. 1-21, 2018.

ZHENG, Q. et al. A proteomic investigation of apple fruit during ripening and in response to ethylene treatment. *Journal of Proteomics*, v. 93, p. 276–294, 2013.

ZHENG, W.-W. et al. Quality characteristics of fresh-cut “Fuji” apple slices from 1-methylcyclopropene-, calcium chloride-, and rare earth-treated intact fruits. *Scientia Horticulturae*, v. 173, p. 100–105, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – SAÍDA OBTIDA APÓS O CÁLCULO DOS MODELOS DE EFEITO FIXO E ALEATÓRIO PARA OS 85 CONJUNTOS DE DADOS

	MD	95%-CI	%W(fixed)	%W(random)
Niu et al., 2018	-0.0002	[-0.0005; 0.0000]	2.2	1.5
Ding et al., 2020	-0.0002	[-0.0003; 0.0000]	4.7	1.5
Sakaldas, Gundogdu, 2016.1	0.0009	[-0.0008; 0.0025]	0.0	1.4
Sakaldas, Gundogdu, 2016.2	0.0009	[-0.0007; 0.0025]	0.0	1.4
Sakaldas, Gundogdu, 2016.3	-0.0053	[-0.0066; -0.0040]	0.1	1.4
Sakaldas, Gundogdu, 2016.4	-0.0050	[-0.0063; -0.0037]	0.1	1.4
Gwanpua et al., 2017a	-0.0034	[-0.0042; -0.0027]	0.2	1.5
Gwanpua et al., 2017b	-0.0047	[-0.0056; -0.0038]	0.2	1.5
Xu et al., 2019	-0.0013	[-0.0017; -0.0010]	1.0	1.5
Storch et al., 2015.1	-0.0095	[-0.0109; -0.0081]	0.1	1.4
Storch et al., 2015.2	-0.0016	[-0.0021; -0.0011]	0.6	1.5
Li et al., 2013.1	-0.0426	[-0.0577; -0.0275]	0.0	0.2
Li et al., 2013.2	-0.0606	[-0.0744; -0.0467]	0.0	0.2
Li et al., 2013.3	-0.0536	[-0.0709; -0.0363]	0.0	0.1
Costa et al., 2010	-0.0209	[-0.0267; -0.0151]	0.0	0.7
Mao et al., 2007.1	-0.0030	[-0.0036; -0.0025]	0.4	1.5
Mao et al., 2007.2	-0.0035	[-0.0050; -0.0020]	0.1	1.4
Win et al., 2019.1	-0.0774	[-0.0866; -0.0681]	0.0	0.4
Win et al., 2019.2	-0.0545	[-0.0620; -0.0470]	0.0	0.5
Lu et al., 2013.1	-0.0168	[-0.0197; -0.0139]	0.0	1.2
Lu et al., 2013.2	-0.0147	[-0.0178; -0.0117]	0.0	1.2
Lu et al., 2013.3	-0.0165	[-0.0194; -0.0135]	0.0	1.2
Lu et al., 2013.4	-0.0148	[-0.0179; -0.0118]	0.0	1.2
Lu et al., 2013.5	-0.0057	[-0.0063; -0.0052]	0.5	1.5
Lu et al., 2013.6	-0.0048	[-0.0055; -0.0041]	0.2	1.5
Lu et al., 2013.7	-0.0047	[-0.0051; -0.0044]	0.9	1.5
Lu et al., 2013.8	-0.0060	[-0.0065; -0.0054]	0.4	1.5
Li et al., 2017	-0.0016	[-0.0017; -0.0014]	3.3	1.5
Bullens et al., 2012	0.0000	[-0.0001; 0.0001]	8.0	1.5
Bullens et al., 2010.1	-0.0001	[-0.0002; 0.0000]	13.1	1.5

Bullens et al., 2010.2	-0.0001 [-0.0002; 0.0000]	14.1	1.5
Bullens et al., 2010.3	0.0000 [-0.0001; 0.0001]	8.6	1.5
Hackbarth et al., 2017.1	-0.0003 [-0.0004; -0.0002]	14.1	1.5
Hackbarth et al., 2017.2	-0.0017 [-0.0021; -0.0014]	1.0	1.5
Zheng et al., 2014	0.0028 [0.0021; 0.0035]	0.2	1.5
DeEll et al., 2007.1	-0.0046 [-0.0051; -0.0042]	0.6	1.5
DeEll et al., 2007.2	-0.0058 [-0.0069; -0.0046]	0.1	1.4
Falagán, Terry, 2019.1	-0.0815 [-0.0967; -0.0663]	0.0	0.2
Falagán, Terry, 2019.2	-0.0631 [-0.0790; -0.0472]	0.0	0.2
Falagán, Terry, 2019.3	-0.0674 [-0.1015; -0.0333]	0.0	0.0
Kolniak-Ostek et al., 2014.1	0.0045 [0.0005; 0.0085]	0.0	1.0
Kolniak-Ostek et al., 2014.2	-0.0463 [-0.1011; 0.0086]	0.0	0.0
Pre-Aymard et al., 2005.1	-0.0119 [-0.0155; -0.0084]	0.0	1.1
Pre-Aymard et al., 2005.2	-0.0452 [-0.0461; -0.0443]	0.2	1.5
Yoo, Kang, 2020.1	-0.0577 [-0.0630; -0.0525]	0.0	0.8
Yoo, Kang, 2020.2	-0.0291 [-0.0327; -0.0256]	0.0	1.1
Lv et al., 2020	-0.0026 [-0.0028; -0.0024]	3.2	1.5
Tatsuki et al., 2011.1	-0.0197 [-0.0217; -0.0177]	0.0	1.3
Tatsuki et al., 2011.2	-0.0279 [-0.0300; -0.0259]	0.0	1.3
Liu et al., 2016	-0.0048 [-0.0051; -0.0045]	1.3	1.5
Saba, Watkins, 2020.1	0.0003 [-0.0023; 0.0030]	0.0	1.2
Saba, Watkins, 2020.2	-0.0104 [-0.0141; -0.0067]	0.0	1.1
DeLong et al., 2004.1	-0.0514 [-0.0660; -0.0367]	0.0	0.2
DeLong et al., 2004.2	-0.0224 [-0.0404; -0.0044]	0.0	0.1
DeLong et al., 2004.3	-0.0625 [-0.0784; -0.0467]	0.0	0.2
DeLong et al., 2004.4	-0.0342 [-0.0487; -0.0197]	0.0	0.2
DeLong et al., 2004.5	-0.0621 [-0.0754; -0.0487]	0.0	0.2
DeLong et al., 2004.6	-0.0322 [-0.0496; -0.0149]	0.0	0.1
Mir et al., 2001.1	-0.0056 [-0.0067; -0.0045]	0.1	1.4
Mir et al., 2001.2	-0.0060 [-0.0067; -0.0053]	0.2	1.5
Mir et al., 2001.3	-0.0057 [-0.0067; -0.0048]	0.1	1.5
Mir et al., 2001.4	-0.0028 [-0.0033; -0.0023]	0.5	1.5
Mir et al., 2001.5	-0.0016 [-0.0017; -0.0015]	10.6	1.5
Rupasinghe et al., 2000.1	0.0047 [0.0042; 0.0051]	0.6	1.5
Rupasinghe et al., 2000.2	0.0030 [0.0028; 0.0032]	3.2	1.5
Rupasinghe et al., 2000.3	-0.0026 [-0.0039; -0.0013]	0.1	1.4
Rupasinghe et al., 2000.4	-0.0056 [-0.0079; -0.0032]	0.0	1.3

Rupasinghe et al., 2000.5	-0.0008 [-0.0012; -0.0005]	1.2	1.5
Rupasinghe et al., 2000.6	0.0011 [-0.0018; 0.0040]	0.0	1.2
Rupasinghe et al., 2000.7	-0.0096 [-0.0118; -0.0075]	0.0	1.3
Rupasinghe et al., 2000.8	-0.0137 [-0.0156; -0.0118]	0.0	1.3
Rupasinghe et al., 2000.9	-0.0150 [-0.0169; -0.0131]	0.0	1.4
Rupasinghe et al., 2000.10	-0.0163 [-0.0187; -0.0140]	0.0	1.3
Watkins et al., 2000.1	-0.0005 [-0.0022; 0.0011]	0.0	1.4
Watkins et al., 2000.2	-0.0021 [-0.0036; -0.0006]	0.1	1.4
Watkins et al., 2000.3	-0.0053 [-0.0068; -0.0039]	0.1	1.4
Watkins et al., 2000.4	-0.0091 [-0.0099; -0.0083]	0.2	1.5
Watkins et al., 2000.5	-0.0102 [-0.0110; -0.0095]	0.2	1.5
Watkins et al., 2000.6	-0.0094 [-0.0101; -0.0087]	0.3	1.5
Watkins et al., 2000.7	-0.0037 [-0.0040; -0.0033]	1.0	1.5
Watkins et al., 2000.8	-0.0040 [-0.0044; -0.0037]	1.1	1.5
Watkins et al., 2000.9	-0.0043 [-0.0049; -0.0038]	0.4	1.5
Watkins et al., 2000.10	0.0009 [-0.0007; 0.0025]	0.0	1.4
Watkins et al., 2000.11	-0.0002 [-0.0018; 0.0013]	0.1	1.4
Watkins et al., 2000.12	0.0004 [-0.0012; 0.0019]	0.1	1.4

Number of studies combined: k = 85

	MD	95%-CI	z	p-value
Fixed effect model	-0.0009	[-0.0009; -0.0009]	-49.60	0
Random effects model	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	-21.80	< 0.0001

Quantifying heterogeneity:

$\tau^2 < 0.0001$ [0.0000; 0.0001]; $\tau = 0.0029$ [0.0000; 0.0096];

$I^2 = 99.6\%$ [99.6%; 99.7%]; $H = 16.68$ [16.24; 17.14]

Test of heterogeneity:

Q	d.f.	p-value
23383.74	84	0

Details on meta-analytical method:

- Inverse variance method
- DerSimonian-Laird estimator for τ^2
- Jackson method for confidence interval of τ^2 and τ

**APÊNDICE B – SAÍDA OBTIDA APÓS O CÁLCULO DOS MODELOS DE EFEITO
FIXO E ALEATÓRIO PARA OS 8 CONJUNTOS DE DADOS RESTANTES APÓS A
ELIMINAÇÃO DOS *OUTLIERS***

	MD	95%-CI	%W(fixed)	%W(random)
Kolniak-Ostek et al., 2014.2	-0.0463	[-0.1011; 0.0086]	0.0	0.0
Saba, Watkins, 2020.1	0.0003	[-0.0023; 0.0030]	1.2	5.4
Rupasinghe et al., 2000.5	-0.0008	[-0.0012; -0.0005]	82.9	38.3
Rupasinghe et al., 2000.6	0.0011	[-0.0018; 0.0040]	1.0	4.7
Watkins et al., 2000.1	-0.0005	[-0.0022; 0.0011]	3.4	12.1
Watkins et al., 2000.2	-0.0021	[-0.0036; -0.0006]	3.9	13.3
Watkins et al., 2000.11	-0.0002	[-0.0018; 0.0013]	3.7	12.9
Watkins et al., 2000.12	0.0004	[-0.0012; 0.0019]	3.8	13.2

Number of studies combined: k = 8

	MD	95%-CI	z	p-value
Fixed effect model	-0.0008	[-0.0011; -0.0005]	-5.11	< 0.0001
Random effects model	-0.0006	[-0.0013; 0.0001]	-1.72	0.0863

Quantifying heterogeneity:

$\tau^2 < 0.0001$ [0.0000; 0.0001]; $\tau = 0.0005$ [0.0000; 0.0096];

$I^2 = 34.2\%$ [0.0%; 70.9%]; $H = 1.23$ [1.00; 1.85]

Test of heterogeneity:

Q	d.f.	p-value
10.65	7	0.1549

Details on meta-analytical method:

- Inverse variance method
- DerSimonian-Laird estimator for τ^2
- Jackson method for confidence interval of τ^2 and τ

**APÊNDICE C – SAÍDA OBTIDA APÓS O CÁLCULO DOS MODELOS DE EFEITO
FIXO E ALEATÓRIO PARA OS 7 CONJUNTOS DE DADOS RESTANTES APÓS A
ELIMINAÇÃO DOS OUTLIERS**

	MD	95%-CI	%W(fixed)	%W(random)
Storch et al., 2015.1	-0.0095	[-0.0109; -0.0081]	19.2	24.7
Kolniak-Ostek et al., 2014.2	-0.0463	[-0.1011; 0.0086]	0.0	0.1
Saba, Watkins, 2020.2	-0.0104	[-0.0141; -0.0067]	2.9	9.5
DeLong et al., 2004.2	-0.0224	[-0.0404; -0.0044]	0.1	0.5
Rupasinghe et al., 2000.4	-0.0056	[-0.0079; -0.0032]	7.0	16.6
Rupasinghe et al., 2000.7	-0.0096	[-0.0118; -0.0075]	8.4	18.1
Watkins et al., 2000.4	-0.0091	[-0.0099; -0.0083]	62.4	30.6

Number of studies combined: k = 7

	MD	95%-CI	z	p-value
Fixed effect model	-0.0090	[-0.0096; -0.0084]	-28.45	< 0.0001
Random effects model	-0.0089	[-0.0102; -0.0076]	-13.17	< 0.0001

Quantifying heterogeneity:

$\tau^2 < 0.0001$ [0.0000; 0.0001]; $\tau = 0.0012$ [0.0000; 0.0096];

$I^2 = 55.5\%$ [0.0%; 80.9%]; $H = 1.50$ [1.00; 2.29]

Test of heterogeneity:

Q	d.f.	p-value
13.48	6	0.0360

Details on meta-analytical method:

- Inverse variance method
- DerSimonian-Laird estimator for τ^2
- Jackson method for confidence interval of τ^2 and τ

Influential analysis (Random effects model)

	MD	95%-CI	p-value
Omitting Niu et al., 2018	-0.0078	[-0.0086; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Ding et al., 2020	-0.0079	[-0.0086; -0.0072]	< 0.0001
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.1	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.2	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.3	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.4	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Gwanpua et al., 2017a	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Gwanpua et al., 2017b	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Xu et al., 2019	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Storch et al., 2015.1	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Storch et al., 2015.2	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Li et al., 2013.1	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Li et al., 2013.2	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Li et al., 2013.3	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Costa et al., 2010	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Mao et al., 2007.1	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Mao et al., 2007.2	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Win et al., 2019.1	-0.0074	[-0.0081; -0.0067]	< 0.0001
Omitting Win et al., 2019.2	-0.0074	[-0.0081; -0.0067]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.1	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.2	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.3	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.4	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.5	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.6	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.7	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Lu et al., 2013.8	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Li et al., 2017	-0.0078	[-0.0086; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Bullens et al., 2012	-0.0079	[-0.0087; -0.0072]	< 0.0001
Omitting Bullens et al., 2010.1	-0.0080	[-0.0088; -0.0073]	< 0.0001
Omitting Bullens et al., 2010.2	-0.0080	[-0.0088; -0.0073]	< 0.0001
Omitting Bullens et al., 2010.3	-0.0079	[-0.0087; -0.0072]	< 0.0001
Omitting Hackbarth et al., 2017.1	-0.0080	[-0.0088; -0.0073]	< 0.0001
Omitting Hackbarth et al., 2017.2	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Zheng et al., 2014	-0.0078	[-0.0085; -0.0072]	< 0.0001
Omitting DeEll et al., 2007.1	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001

Omitting DeEll et al., 2007.2	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Falagán, Terry, 2019.1	-0.0076	[-0.0082; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Falagán, Terry, 2019.2	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Falagán, Terry, 2019.3	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Kolniak-Ostek et al., 2014.1	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Kolniak-Ostek et al., 2014.2	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Pre-Aymard et al., 2005.1	-0.0076	[-0.0083; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Pre-Aymard et al., 2005.2	-0.0063	[-0.0068; -0.0058]	< 0.0001
Omitting Yoo, Kang, 2020.1	-0.0073	[-0.0079; -0.0066]	< 0.0001
Omitting Yoo, Kang, 2020.2	-0.0074	[-0.0081; -0.0068]	< 0.0001
Omitting Lv et al., 2020	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Tatsuki et al., 2011.1	-0.0075	[-0.0082; -0.0068]	< 0.0001
Omitting Tatsuki et al., 2011.2	-0.0074	[-0.0081; -0.0067]	< 0.0001
Omitting Liu et al., 2016	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Saba, Watkins, 2020.1	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Saba, Watkins, 2020.2	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Delong et al., 2004.1	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Delong et al., 2004.2	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Delong et al., 2004.3	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Delong et al., 2004.4	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Delong et al., 2004.5	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Delong et al., 2004.6	-0.0077	[-0.0083; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Mir et al., 2001.1	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Mir et al., 2001.2	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Mir et al., 2001.3	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Mir et al., 2001.4	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Mir et al., 2001.5	-0.0080	[-0.0087; -0.0072]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.1	-0.0079	[-0.0085; -0.0072]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.2	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.3	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.4	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.5	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.6	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.7	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.8	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.9	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Rupasinghe et al., 2000.10	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001

Omitting Watkins et al., 2000.1	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.2	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.3	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.4	-0.0076	[-0.0083; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.5	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.6	-0.0076	[-0.0083; -0.0069]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.7	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.8	-0.0077	[-0.0084; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.9	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.10	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.11	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001
Omitting Watkins et al., 2000.12	-0.0078	[-0.0085; -0.0071]	< 0.0001

Pooled estimate	-0.0077	[-0.0084; -0.0070]	< 0.0001
-----------------	---------	--------------------	----------

	τ^2	τ	I^2
Omitting Niu et al., 2018	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Ding et al., 2020	0.0000	0.0030	99.6%
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.3	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Sakaldas, Gundogdu, 2016.4	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Gwanpua et al., 2017a	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Gwanpua et al., 2017b	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Xu et al., 2019	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Storch et al., 2015.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Storch et al., 2015.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Li et al., 2013.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Li et al., 2013.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Li et al., 2013.3	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Costa et al., 2010	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Mao et al., 2007.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Mao et al., 2007.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Win et al., 2019.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Win et al., 2019.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lu et al., 2013.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lu et al., 2013.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lu et al., 2013.3	0.0000	0.0029	99.6%

Omitting Lu et al., 2013.4	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lu et al., 2013.5	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lu et al., 2013.6	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lu et al., 2013.7	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lu et al., 2013.8	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Li et al., 2017	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Bullens et al., 2012	0.0000	0.0030	99.6%
Omitting Bullens et al., 2010.1	0.0000	0.0031	99.6%
Omitting Bullens et al., 2010.2	0.0000	0.0031	99.6%
Omitting Bullens et al., 2010.3	0.0000	0.0030	99.6%
Omitting Hackbarth et al., 2017.1	0.0000	0.0031	99.6%
Omitting Hackbarth et al., 2017.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Zheng et al., 2014	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting DeEll et al., 2007.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting DeEll et al., 2007.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Falagán, Terry, 2019.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Falagán, Terry, 2019.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Falagán, Terry, 2019.3	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Kolniak-Ostek et al., 2014.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Kolniak-Ostek et al., 2014.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Pre-Aymard et al., 2005.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Pre-Aymard et al., 2005.2	0.0000	0.0022	99.4%
Omitting Yoo, Kang, 2020.1	0.0000	0.0028	99.6%
Omitting Yoo, Kang, 2020.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Lv et al., 2020	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Tatsuki et al., 2011.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Tatsuki et al., 2011.2	0.0000	0.0028	99.6%
Omitting Liu et al., 2016	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Saba, Watkins, 2020.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Saba, Watkins, 2020.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Delong et al., 2004.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Delong et al., 2004.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Delong et al., 2004.3	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Delong et al., 2004.4	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Delong et al., 2004.5	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Delong et al., 2004.6	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Mir et al., 2001.1	0.0000	0.0029	99.6%

Omitting Mir et al., 2001.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Mir et al., 2001.3	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Mir et al., 2001.4	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Mir et al., 2001.5	0.0000	0.0030	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.2	0.0000	0.0028	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.3	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.4	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.5	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.6	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.7	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.8	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.9	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Rupasinghe et al., 2000.10	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.1	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.2	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.3	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.4	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.5	0.0000	0.0028	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.6	0.0000	0.0028	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.7	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.8	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.9	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.10	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.11	0.0000	0.0029	99.6%
Omitting Watkins et al., 2000.12	0.0000	0.0029	99.6%
Pooled estimate	0.0000	0.0029	99.6%

Details on meta-analytical method:

- Inverse variance method
- DerSimonian-Laird estimator for τ^2

APÊNDICE D – PARTE DA SAÍDA OBTIDA APÓS A ANÁLISE DOS EFEITOS DE TAMANHO E HETEROGENEIDADE POR SUBGRUPO VARIEDADE DA MAÇÃ

Results for subgroups (random effects model):

	k	MD	95%-CI	tau^2	tau
subgroups = Anna	2	-0.0286	[-0.0612; 0.0040]	0.0006	0.0235
subgroups = Aroma	1	-0.0815	[-0.0967; -0.0663]	--	--
subgroups = Cortland	4	-0.0157	[-0.0172; -0.0142]	0	0
subgroups = Delicious	12	-0.0070	[-0.0081; -0.0059]	<0.0001	0.0018
subgroups = Empire	7	-0.0071	[-0.0094; -0.0048]	<0.0001	0.0030
subgroups = Fuji	4	-0.0021	[-0.0055; 0.0012]	<0.0001	0.0034
subgroups = Gala	2	-0.0055	[-0.0132; 0.0022]	<0.0001	0.0055
subgroups = Galaxy	2	-0.0010	[-0.0024; 0.0005]	<0.0001	0.0010
subgroups = Golden Delicious	5	-0.0023	[-0.0042; -0.0004]	<0.0001	0.0021
subgroups = Green Ball	1	-0.0545	[-0.0620; -0.0470]	--	--
subgroups = Idared	1	0.0045	[0.0005; 0.0085]	--	--
subgroups = Jonagold	6	-0.0009	[-0.0013; -0.0005]	<0.0001	0.0004
subgroups = Jonah King	1	-0.0013	[-0.0017; -0.0010]	--	--
subgroups = Law Rome	3	0.0003	[-0.0006; 0.0012]	0	0
subgroups = McIntosh	8	-0.0010	[-0.0031; 0.0010]	<0.0001	0.0029
subgroups = Mondial Gala	1	-0.0209	[-0.0267; -0.0151]	--	--
subgroups = Red Gravenstein	1	-0.0631	[-0.0790; -0.0472]	--	--
subgroups = Redchief Delicious	5	-0.0043	[-0.0062; -0.0024]	<0.0001	0.0021
subgroups = Redcort	2	-0.0477	[-0.0769; -0.0185]	0.0004	0.0195
subgroups = Redmax	2	-0.0482	[-0.0760; -0.0204]	0.0003	0.0185
subgroups = Champion	1	-0.0463	[-0.1011; 0.0086]	--	--
subgroups = Starkrimson	2	-0.0009	[-0.0022; 0.0004]	<0.0001	0.0009

subgroups = Summer King	2	-0.0672	[-0.0864; -0.0480]	0.0002	0.0133
subgroups = Summer Prince	1	-0.0291	[-0.0327; -0.0256]	--	--
subgroups = Summered	1	-0.0674	[-0.1015; -0.0333]	--	--
subgroups = Summerland	2	-0.0374	[-0.0658; -0.0090]	0.0003	0.0187
subgroups = Taishanzaoxia	3	-0.0525	[-0.0633; -0.0417]	<0.0001	0.0055
subgroups = Tsugaru	2	-0.0238	[-0.0319; -0.0157]	<0.0001	0.0057
subgroups = White Winter Pearmain	1	-0.0002	[-0.0003; -0.0000]	--	--

Q I²

subgroups = Anna	317.13	99.7%
subgroups = Aroma	0.00	--
subgroups = Cortland	1.48	0.0%
subgroups = Delicious	415.45	97.4%
subgroups = Empire	286.61	97.9%
subgroups = Fuji	376.23	99.2%
subgroups = Gala	107.21	99.1%
subgroups = Galaxy	63.35	98.4%
subgroups = Golden Delicious	64.29	93.8%
subgroups = Green Ball	0.00	--
subgroups = Idared	0.00	--
subgroups = Jonagold	196.28	97.5%
subgroups = Jonah King	0.00	--
subgroups = Law Rome	0.94	0.0%
subgroups = McIntosh	749.75	99.1%
subgroups = Mondial Gala	0.00	--
subgroups = Red Gravenstein	0.00	--
subgroups = Redchief Delicious	270.41	98.5%
subgroups = Redcort	7.12	86.0%

subgroups = Redmax	6.66	85.0%
subgroups = Shampion	0.00	--
subgroups = Starkrimsom	71.98	98.6%
subgroups = Summer King	13.03	92.3%
subgroups = Summer Prince	0.00	--
subgroups = Summered	0.00	--
subgroups = Summerland	5.98	83.3%
subgroups = Taishanzaoxia	2.97	32.7%
subgroups = Tsugaru	32.69	96.9%
subgroups = White Winter Pearmain	0.00	--

**APÊNDICE E – SAÍDA OBTIDA APÓS A ANÁLISE DOS EFEITOS DE TAMANHO
E HETEROGENEIDADE POR SUBGRUPO DOSE DE 1-MCP**

Number of studies combined: k = 85

	MD	95%-CI	z	p-value
Random effects model	-0.0054	[-0.0060; -0.0047]	-21.80	< 0.0001

Quantifying heterogeneity:

$\tau^2 < 0.0001$ [0.0000; 0.0001]; $\tau = 0.0029$ [0.0000; 0.0096];

$I^2 = 99.6\%$ [99.6%; 99.7%]; $H = 16.68$ [16.24; 17.14]

Quantifying residual heterogeneity:

$I^2 = 99.6\%$ [99.6%; 99.7%]; $H = 16.51$ [16.04; 17.01]

Test of heterogeneity:

Q	d.f.	p-value
276.77	11	< 0.0001

Results for subgroups (random effects model):

	k	MD	95%-CI	τ^2	τ	Q	I^2
subgroups = 0.01	2	0.0032	[-0.0003; 0.0066]	<0.0001	0.0023	5.57	82.1%
subgroups = 0.1	4	-0.0039	[-0.0066; -0.0011]	<0.0001	0.0027	584.88	99.5%
subgroups = 0.25	1	0.0009	[-0.0008; 0.0025]	--	--	0.00	--
subgroups = 0.5	7	-0.0030	[-0.0049; -0.0012]	<0.0001	0.0023	337.76	98.2%
subgroups = 0.625	7	-0.0158	[-0.0214; -0.0103]	<0.0001	0.0054	190.81	96.9%
subgroups = 0.7	6	-0.0036	[-0.0048; -0.0023]	<0.0001	0.0015	561.35	99.1%

subgroups = 0.9	7	-0.0378	[-0.0629; -0.0128]	0.0011	0.0330	217.45	97.2%
subgroups = 1	40	-0.0097	[-0.0107; -0.0087]	<0.0001	0.0031	17613.85	99.8%
subgroups = 1.5	2	-0.0578	[-0.0686; -0.0470]	0	0	0.38	0.0%
subgroups = 2	5	-0.0048	[-0.0077; -0.0018]	<0.0001	0.0033	194.05	97.9%
subgroups = 10	2	-0.0103	[-0.0196; -0.0011]	<0.0001	0.0066	37.88	97.4%
subgroups = 100	2	-0.0086	[-0.0237; 0.0066]	0.0001	0.0109	165.66	99.4%

Test for subgroup differences (random effects model):

	Q	d.f.	p-value
Between groups	276.77	11	< 0.0001

Details on meta-analytical method:

- Inverse variance method
- DerSimonian-Laird estimator for τ^2
- Jackson method for confidence interval of τ^2 and τ

\$method.tau

[1] "DL"

\$k

[1] 85

attr("class")

[1] "subgroup.analysis.mixed.effects"