

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

**ADRIANA LUGARESI**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS ‘FUJI’ EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE  
PODA VERDE**

**LAGES 2021**

**ADRIANA LUGARES**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS 'FUJI' EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE  
PODA VERDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens

**LAGES**

**2021**

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

Lugaresi, Adriana  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS ?FUJI? EM  
FUNÇÃO DA ÉPOCA DE PODA VERDE / Adriana Lugaresi. --  
2021.  
79 p.

Orientador: Cristiano André Steffens  
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação , Lages, 2021.

I. Malus domestica Borkh. 2. antioxidantes. 3. cor vermelha. 4.  
aroma. 5. escurecimento de polpa. I. Steffens, Cristiano André . II.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação . III. Título.

---

ADRIANA LUGARES

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS 'FUJI' EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE  
PODA VERDE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

BANCA EXAMINADORA



Professor Dr. Cristiano André Steffens

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Lages/SC

Membros:



Professor Dr. Daniel Alexandre Neuwald

Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee, Ravensburg/Alemanha



Dra. Mariuccia Schlichting de Martin

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, São Joaquim/SC

Lages, 25 de fevereiro de 2021

---

Dedico à Deus e minha família, por toda  
confiança, força e incentivo. Amo vocês.

## AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus, pela força, sabedoria, fé e por sempre estar guiando meu caminho.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais Celso e Irene Lugaresi pelo amor, incentivo, força, conselhos e auxílio em toda a minha caminhada. Aos meus irmãos Giovani e Odair Lugaresi pelo apoio, amor e incentivo. Serei eternamente grata a vocês. Amo vocês.

Ao meu orientador, Professor Dr. Cristiano André Steffens, agradeço primeiramente pela oportunidade e por acreditar em mim. Sou muito grata pelo apoio, por todo o incentivo, pela dedicação, pelos ensinamentos, pela paciência e conselhos.

Ao Professor Dr. Clevison Giacobbo, pela confiança no início da minha caminhada no meio científico, por sempre me incentivar, me apoiar e acreditar em meus sonhos. Agradeço.

A toda a equipe do laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV. Aos meus colegas de laboratório, Angélica, Keli, Cristhian, Juliana, Janaiana, Willian, Tiago, Brenda e Marissa pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho, pelo compartilhamento de conhecimentos e pela amizade construída durante esse período. E aos demais colegas do laboratório que sempre estiveram disponíveis para auxiliar no desenvolvimento do trabalho.

À minha eterna amiga Camila, que está sempre comigo, incentivando, dando conselhos e me mantendo sempre firme, sou muito grata.

À Dra. Mariuccia pela oportunidade de poder compartilhar seus conhecimentos, pela parceria, disponibilidade, auxílio e ensinamentos. Sou muito grata.

A Universidade do Estado de Santa Catarina, ao Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/CAV). Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelo ensino de qualidade e oportunidade de cursar o mestrado, e a FUMDES pela concessão da bolsa.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-EPAGRI, pela disponibilidade de espaço, funcionários e material de apoio para que esse trabalho fosse desenvolvido.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que essa conquista fosse possível.

A todos vocês, serei eternamente grata.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

## RESUMO

LUGARESI, Adriana. **QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS ‘FUJI’ EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE PODA VERDE**. 2021, 79 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC.

A poda verde é uma prática comumente usada em espécies frutíferas, principalmente pelos efeitos benéficos que proporciona na qualidade dos frutos. No entanto, a época em que essa prática é realizada pode ter variações de efeitos sobre a qualidade dos frutos. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de maçãs ‘Fuji’ na pós-colheita, em função de épocas de realização da poda verde. Foram desenvolvidos dois trabalhos, no primeiro avaliou-se o efeito da época da poda verde na qualidade dos frutos na colheita e no armazenamento em atmosfera refrigerada nos anos agrícolas de 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, e no segundo avaliou-se o efeito da época da poda verde na pós-colheita nos anos agrícolas de 2018/2019 e 2019/2020. Os tratamentos avaliados foram sem poda verde (controle) e poda verde em dezembro, janeiro e fevereiro. No primeiro trabalho foi possível observar que frutos de plantas podadas em fevereiro apresentaram maior firmeza de polpa. A poda verde quando realizada em janeiro e fevereiro, de maneira geral, proporcionou frutos de coloração mais vermelha, e conseqüentemente maior conteúdo de compostos nutracêuticos, o mesmo ocorreu para o segundo trabalho, no entanto o maior destaque foi para a poda em fevereiro. Não foi observado efeito da época da poda verde sobre a qualidade dos frutos após o armazenamento em ambiente refrigerado. A prática da poda verde prejudicou a concentração de compostos importantes para o aroma dos frutos, independente da época em que ela foi realizada. Quando os frutos foram armazenados em condições de atmosfera controlada observou-se menor porcentagem de frutos com escurecimento de polpa em frutos de plantas podadas em fevereiro. Conclui-se que a poda verde quando realizada em fevereiro, no geral, proporciona frutos de melhor qualidade, com melhores características de coloração vermelha dos frutos, além de maior concentração de compostos nutracêuticos na pós-colheita, bem como menor ocorrência de desordens fisiológicas como escurecimento de polpa nos frutos armazenados em AC. A poda verde em janeiro é uma poda intermediária, enquanto a de dezembro não é efetiva pra melhoria da qualidade de maçãs “Fuji Standard”.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* Borkh, antioxidantes, cor vermelha, aroma, escurecimento de polpa.



## ABSTRACT

LUGARESI, Adriana. **POST-HARVEST QUALITY OF 'FUJI' APPLES IN FUNCTION OF THE SUMMER PRUNING TIME.** 2021, 79 p. Dissertation (Master Program in Plant Production) - College of Agriculture and Veterinary, Santa Catarina State University, UDESC.

Summer pruning is commonly used in fruit species mainly because of the beneficial effects on fruit quality. However, the timing of this practice may cause variations in fruit quality. Thus, the objective of this work was to evaluate effect of summer pruning and application timing on the quality of 'Fuji' apples at post-harvest. Two studies were carried out, in the first one it was evaluated the effect of the summer pruning season on the quality of the fruits in the harvest and in the storage in a refrigerated atmosphere in the 2016/2017, 2017/2018 and 2018/2019 season, and in the second, the effect of the summer pruning season on the quality of fruits at harvest and under controlled atmosphere (CA) in the 2018/2019 and 2019/2020 season was evaluated. The treatments evaluated were without summer pruning (control), and summer pruning performed in December, January and February. In the first work fruit of plants pruned in February showed greater flesh firmness. Another effect observed was that summer pruning when performed in January and February. Furthermore, results showed that summer pruning produced fruit with a more intense red color, in addition to a higher content of nutraceutical compounds in the fruit skin at harvest, the same occurred for the second job, however the biggest highlight was the pruning in February. The practice of summer pruning impaired the concentration of important compounds for fruit flavor, regardless of when it was applied. When the fruit were stored under controlled atmosphere conditions, a lower percentage of fruit with flesh browning was observed in plants pruned in February. It was concluded that summer pruning performed in February produce fruit with better quality and better red color characteristics compared to December and January pruning or plants without pruning. Furthermore, February pruned plants produced fruit with a higher concentration of nutraceutical compounds at harvest and after storage in CA and a lower flesh browning occurrence. Summer pruning in January is an intermediate pruning, while December pruning is not effective for improving the quality of "Fuji Standard" apples.

**Keywords:** *Malus domestica* Borkh, antioxidants, red color, flavor, flesh browning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Dados climáticos de temperatura média (A), amplitude térmica (B), precipitação (C) e insolação (D) da estação meteorológica de São Joaquim (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC- EPAGRI, 2020). .....	30
Figura 2 Dados meteorológicos de temperatura média (A), amplitude térmica (B), precipitação (C) e insolação (D) da estação meteorológica de São Joaquim das safras 2018/2019 e 2019/2020 (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC- EPAGRI, 2020). .....	51
Figura 3 - Plantas na época de dormência, antes da poda de inverno, cada qual com seu respectivo tratamento de época de poda de verão. ....	78
Figura 4- Imagem da coloração dos frutos de maçãs ‘Fuji Standard’ submetidos à diferentes épocas de poda verde, após a colheita. ....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Índice de iodo-amido, sólidos solúveis e firmeza de polpa em maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de realização da poda verde, em três anos agrícolas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019). Dados médios dos três anos. ....	33
Tabela 2	Acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e cor de fundo ( $h^\circ$ ) em maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de realização da poda verde, em três anos agrícolas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019).....	35
Tabela 3	Cor do fruto na região mais vermelha ( $h^\circ$ ) e porcentagem de frutos com mais de 50% de cor vermelha, na colheita, em função da época de realização da poda verde, em três anos agrícolas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019). Dados médios dos três anos. ....	36
Tabela 4	Teor de antocianinas totais (ANT), compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT; métodos ABTS e DPPH) na casca de maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de realização da poda verde, em dois anos agrícolas (2016/2017 e 2017/2018). ....	37
Tabela 5	Índice de cor vermelha (ICV), porcentagem de frutos com 50% da superfície recoberta por cor vermelha, intensidade de cor vermelha (ângulo <i>hue</i> ), antocianinas totais (ANT; (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g <sup>-1</sup> MF) na casca e porcentagem de frutos com queimadura solar, em maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função das épocas de poda verde. ....	50
Tabela 6	Cor de fundo, firmeza, índice de iodo-amido, sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) de maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de poda verde.....	53
Tabela 7	Compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g <sup>-1</sup> MF) e atividade antioxidante total pelos métodos DPPH e ABTS ( $\mu$ Mol Trolox 100 g <sup>-1</sup> MF) na casca e na polpa de maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de poda verde. ....	54
Tabela 8	Conteúdo mineral (mg Kg <sup>-1</sup> ) e relações minerais em maçãs ‘Fuji’ em função da época de poda verde.....	56
Tabela 9	Perfil de compostos voláteis ( $\mu$ g L <sup>-1</sup> ) em maçãs ‘Fuji’, na colheita, submetidas a diferentes épocas de poda verde, ano agrícola 2018/2019. ....	57
Tabela 10	Perfil de compostos voláteis ( $\mu$ g L <sup>-1</sup> ) em maçãs ‘Fuji’, na colheita, submetidas a diferentes épocas de poda verde, ano agrícola 2019/2020. ....	59
Tabela 11	Perda de massa, cor de fundo ( $h^\circ$ ) e podridões em maçãs “Fuji”, após o armazenamento em AC-ULO, em função da época de poda verde. ....	61

Tabela 12 Firmeza, sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e porcentagem de frutos com escurecimento de polpa, em maçãs “Fuji”, após o armazenamento em AC-ULO. ....	63
Tabela 13 Atividade das enzimas Polifenoloxidase (PPO), superóxido dismutase (SOD) e peroxidase (POD) em polpa de maçãs “Fuji”, após o armazenamento em AC-ULO, em função da época de poda verde.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAT	Atividade antioxidante total
ABTS	2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico
AC	Atmosfera controlada
AC-ULO	Atmosfera controlada com ultrabaixo oxigênio
AR	Atmosfera refrigerada
AT	Acidez titulável
Ca	Cálcio
Cfb	Clima mesotérmico úmido
CFT	Compostos fenólicos totais
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
CV	Coeficiente de variação
°C	Graus celsius
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
EAG	Equivalente de ácido gálico
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
g	Gramas
HCl	Ácido clorídrico
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de Hidrogênio
<i>h°</i>	Ângulo <i>hue</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Índice de cor vermelha
K	Potássio
Kg	Quilograma
kPa	Quilopascal
K/Ca	Relação potássio/cálcio
K+Mg/Ca	Soma do conteúdo de potássio mais magnésio relacionado com o conteúdo de cálcio
L	Litros
LSD	Diferença mínima significativa
m	Metros
M	Molar

MF	Massa fresca
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
min	Minutos
mL	Mililitros
mm	Milímetro
mM	Milimolar
N	Nitrogênio
N	Newton
NaCl	Cloreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
NBT	Cloreto de tetrazólio-nitroazul
N/Ca	Relação nitrogênio/cálcio
nm	Nanômetro
N <sub>2</sub>	Nitrogênio gasoso
O <sub>2</sub>	Oxigênio
p	Valor-p
pH	Potencial hidrogeniônico
POD	Peroxidase
ppm	Partes por milhão
PPO	Polifenoloxidase
PVP	Polivinilpirrolidona insolúvel
rpm	Rotações por minuto
SOD	Superóxido dismutase
SS	Sólidos solúveis
SS/AT	Relação sólidos solúveis e acidez titulável
UR	Umidade relativa
USA	Estados Unidos da América
v/v	Volume por volume
μL	Microlitro
μm	Micrômetro
μM	Micromolar
μMol	Micromol

%

Porcentagem

°Brix

Graus Brix

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1	A MACIEIRA .....	19
2.2	QUALIDADE DE FRUTOS .....	19
2.3	QUALIDADE NUTRACÊUTICA .....	20
2.4	INCIDÊNCIA LUMINOSA .....	22
2.5	A PODA .....	23
2.6	ARMAZENAMENTO.....	25
<b>3</b>	<b>PODA VERDE TARDIA MELHORA A QUALIDADE E AUMENTA O CONTEÚDO DE COMPOSTOS FUNCIONAIS NOS FRUTOS DE MACIEIRAS 'FUJI' .....</b>	<b>27</b>
3.1	RESUMO .....	27
3.2	INTRODUÇÃO .....	28
3.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	29
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
3.5	CONCLUSÕES .....	38
<b>4</b>	<b>ÉPOCA DE PODA VERDE EM MAÇÃS 'FUJI' REFLETE NA QUALIDADE DOS FRUTOS NA COLHEITA E APÓS O ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA COM ULTRABAIXO OXIGÊNIO.....</b>	<b>39</b>
4.1	RESUMO .....	39
4.2	INTRODUÇÃO .....	40
4.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	42
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4.5	CONCLUSÕES .....	65
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>
	<b>ANEXO A – PLANTAS PODADAS NAS SUAS RESPECTIVAS ÉPOCAS NO VERÃO .....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXO B- FRUTOS DE MAÇÃS 'FUJI STANDARD' SUBMETIDOS A ÉPOCAS DE PODA VERDE APÓS A COLHEITA .....</b>	<b>79</b>



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As plantas frutíferas, o crescimento das plantas é influenciado pela competição por fotoassimilados entre a parte vegetativa e os órgãos de frutificação, sendo que as estruturas vegetativas (ramos, brotos e folhas) são drenos mais fortes de fotoassimilados, o que acaba prejudicando a parte reprodutiva da planta (RUFATO *et al.*, 2012). A poda é um trato cultural com grande importância para trazer o equilíbrio entre parte vegetativa e reprodutiva, e também pode ser utilizada para outras finalidades. Essa prática pode servir para modificar o formato da planta, para manejar o crescimento, a floração e a qualidade dos frutos, pode ser útil para aumentar a penetração de luz e para reparar lesões (FERREE; SCHUPP, 2003) além de melhorar a eficiência da aplicação de agroquímicos e a fitossanidade do pomar (COOLEY; AUTIO, 2011).

A poda de verão, também conhecida como poda verde, é utilizada para remover ramos ladrões e reduzir o vigor das plantas, promovendo o equilíbrio (MAUGHAN; BLACK.; ROPER, 2011) e afetando a distribuição do crescimento vegetativo e reprodutivo (CAÑÓN *et al.*, 2014). Além destes benefícios, a poda de verão em macieira tem sido utilizada para melhorar a qualidade dos frutos, através da mudança na fisiologia das plantas e alteração do microclima na parte aérea, especialmente a luminosidade (COOLEY; AUTIO, 2011).

O uso de algumas práticas e/ou condições de cultivo podem afetar a qualidade dos frutos. A concentração de compostos funcionais nos frutos depende de muitos fatores, como estágio de maturação (SOETHE, *et al.*, 2016), condições de armazenamento (STANGER *et al.*, 2018), cultivar (PANZELLA *et al.*, 2013; STANGER *et al.*, 2017), estágio de desenvolvimento do fruto, bem como do tecido do fruto, havendo uma grande variação entre a casca e a polpa (STANGER *et al.*, 2017).

Além destes atributos, as características físico-químicas dos frutos geralmente são influenciadas pelas condições edafoclimáticas, época, local e manuseio na colheita, cultivar, tratos culturais e manuseio na pós-colheita (FAGUNDES; YAMANISHI, 2001).

A poda verde melhora a qualidade dos frutos em relação à cor vermelha, ao tamanho, ao conteúdo de sólidos solúveis e sabor dos frutos, resultado da maior quantidade de radiação solar que atinge o interior da copa das plantas (TREVISAN *et al.*, 2006). Para a indução da formação de cor vermelha nas maçãs, entre outras condições, é necessário a interceptação de radiação solar (DAR *et al.*, 2019), e flutuações entre as temperaturas mínimas e máximas diárias (LIN-WANG *et al.*, 2011), em resposta a diferenças na qualidade e na intensidade de luz,

podem haver respostas distintas no conteúdo de açúcares e ácidos orgânicos para diferentes cultivares de maçãs (JING *et al.*, 2020).

O consumo de alimentos de origem vegetal tem sido recomendado para obtenção de benefícios à saúde humana, devido à presença de compostos fitoquímicos (CHANG; YANG; RISKOWSKI, 2013). Dietas alimentares ricas em alimentos que possuem antioxidantes naturais, como polifenóis, vitamina C e E, além dos flavonoides, podem diminuir as chances de ocorrência de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e também de doenças crônicas (DUNG; KIM; KANG, 2008). O consumo de maçãs, por exemplo, quando de forma frequente, tem sido relacionado à proteção contra doenças crônicas (CONDEZO-HOYOS; MOHANTY; NORATTO, 2014).

É de conhecimento que a poda verde influencia a fisiologia da planta, reduz o trabalho com poda de inverno e permite que uma maior quantidade de luz alcance os frutos, mas pouco se sabe sobre a influência dessa prática e principalmente sobre a época de realização nas características físico-químicas e nos compostos funcionais de maçã ‘Fuji’ na colheita e também após o armazenamento. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de maçãs ‘Fuji’ na colheita e após o armazenamento em função de épocas de realização da poda verde.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A MACIEIRA

A maçã (*Malus domestica* Borkh.) pertence a família Rosaceae, subfamília Pomoidae, que tem como característica a presença de dois à cinco carpelos fechados com cobertura carnuda (MUSACCHI, SERRA, 2018). A macieira é uma cultura que se desenvolve bem em climas onde a quantidade de frio hibernar é suficientemente necessário para a quebra de dormência, portanto, é adaptada a regiões de clima temperado e subtropical, e em locais com elevadas altitudes (HOFFMAN; NACHTIGALL, 2004).

A produção de maçã aumentou substancialmente desde o início da sua produção comercial no Brasil, na década de 1970, com isso o país passou a exportar esses frutos (FIOVARANÇO; LAZZAROTTO, 2012). No ano de 2017 a produção de maçã foi de 1.300.943 toneladas, sendo que 99,3% foi produzido na região sul do Brasil (IBGE, 2019).

### 2.2 QUALIDADE DE FRUTOS

A produção de frutos com melhor coloração, tanto em termos de superfície recoberta do fruto como a intensidade, é um fator importante, pois agrega valor ao produto, resultando em maior remuneração ao produtor (FIOVARANÇO; LAZZAROTTO, 2012). Segundo a Instrução Normativa nº 5/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as maçãs são classificadas de acordo com a porcentagem de cor vermelha que recobre o fruto e também com a quantidade de defeitos, sejam eles distúrbios ou doenças. Assim, a coloração vermelha da maçã é um importante atributo de qualidade (MUSACCHI, SERRA, 2018). Contudo, a qualidade do fruto é o resultado de um conjunto de diversos atributos, internos e externos, que irão determinar a estocagem a longo prazo e o retorno econômico que o produtor irá obter através da comercialização (MUPAMBI *et al.*, 2018).

Na qualidade, em termos de sabor e características organolépticas das maçãs, os compostos aromáticos, os ácidos orgânicos, os açúcares e a relação açúcar/ácido desempenham papéis importantes (PETKOVSEK; STAMPAR; VEBERIC, 2007). Além destes, pode-se citar ainda a quebra do amido, acúmulo de matéria seca e firmeza de polpa como importantes atributos internos de qualidade em maçãs (MUPAMBI *et al.*, 2018).

As características físico-químicas que indicam a maturação comercial de maçãs ‘Fuji’ são os teores de amido entre 4 e 6 e firmeza de polpa entre 78 e 70 N (ARGENTA *et al.*, 1995). Ainda segundo os autores, no período de maturação o conteúdo de sólidos solúveis varia de 13

a 14,4 °Brix e a acidez titulável de 6,3 a 5,8 meq de ácido málico.

Diversos fatores pré-colheita podem influenciar na qualidade de frutos, como fatores genéticos, como cultivar da copa e porta-enxerto, fatores edafo-climáticos, como luz, temperatura, umidade, vento e solo, e os fatores agronômicos, como nutrição, polinização, poda, raleio, sistema de condução e reguladores de crescimento (MUSACCHI, SERRA, 2018).

O manejo do crescimento vegetativo em plantas frutíferas é importante para que se consiga obter uma ótima interceptação de luz, obtendo-se dessa forma, frutos de maior qualidade (MUPAMBI *et al.*, 2018). Em maçãs, dentre à classe das antocianinas, a cianidina-3-galactosídeo é responsável pela cor vermelha dos frutos (IGLESIAS, ECHEVERRÍA, SORIA, 2008) a qual é regulada por fatores ambientais como temperatura, qualidade e interceptação de luz (ANDRIS; CRISOSTO, 1996).

Plantios em altas densidades, tendem a aumentar a competição entre as plantas, reduzindo assim a disponibilidade de luz, podendo comprometer a qualidade dos frutos. Já o porta-enxerto tem efeitos sobre a firmeza, no peso e na composição bioquímica dos frutos (TYAGI *et al.*, 2017). Além disso, porta-enxertos mais vigorosos tendem a induzir maior crescimento vegetativo, o que leva a competição da parte vegetativa com os frutos por fotoassimilados (PASA *et al.*, 2012) e também podem prejudicar a coloração de maçãs.

Segundo a Instrução Normativa nº 5/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece critérios para a categorização de maçãs, os frutos são classificados de acordo com os limites mínimos de cor vermelha da epiderme e o máximo de defeitos que os frutos apresentam. Os defeitos são relativos à presença de “russeting”, bitter pit, lesões, queimadura solar, danos mecânicos, rachadura peduncular, mancha de doenças, fuligem, danos por geada, lesões e outras. Quanto maior a área da epiderme com coloração vermelha e menor a porcentagem do fruto com defeitos, mais bem classificado é o fruto (MAPA, 2006).

Na região de São Joaquim ainda existem muitos pomares antigos de ‘Fuji Standard’, um clone pouco colorido, que necessitam ser manejados para que possam desenvolver cor vermelha. Além do mais, quando utilizadas com porta-enxertos vigorosos acaba por intensificar esse problema.

### 2.3 QUALIDADE NUTRACÊUTICA

O consumo de frutas nos dias atuais se deve, além da preferência e hábito alimentar, também pela presença de nutrientes importantes para a saúde (SUCUPIRA *et al.*, 2015). Frutas

e vegetais são ricos em antioxidantes e, portanto, uma dieta rica destes alimentos deve prevenir o estresse oxidativo e dessa forma prevenir doenças crônicas e retardar o envelhecimento (BOYER; LIU, 2004).

A maçã é consumida tanto na forma in natura quanto processada, na forma de cidra e suco, e seu consumo tem sido recomendado pelos altos valores nutracêuticos, pela abundância e acessibilidade desta fruta, já que a sua vida útil pode ser prolongada pelas tecnologias pós-colheita ao longo de todo o ano (FRANCINI; SEBASTIANI, 2013).

Alguns processos do nosso corpo humano, como a respiração, formam radicais livres, e a intensidade de produção destes compostos podem ser intensificados por diferentes hábitos de vida das pessoas (SIKORA *et al.*, 2007). Até mesmo as proteínas, lipídeos e carboidratos podem formar radicais livres (ABUJAH; OGBONNA; OSUJI, 2015). Essas formas reativas de oxigênio causam danos as células e esses danos podem levar ao desenvolvimento de algumas doenças, como doenças cardiovasculares, câncer e inflamações (SIKORA *et al.*, 2007). Os antioxidantes são grupos de compostos capazes de neutralizarem os radicais livres e as espécies reativas de oxigênio na célula (ABUJAH; OGBONNA; OSUJI, 2015).

Existem os antioxidantes enzimáticos e os não enzimáticos. As defesas antioxidantes enzimáticas incluem a enzima superóxido dismutase, glutathione peroxidase e a catalase, e as defesas antioxidantes não enzimáticas incluem os flavonoides, carotenoides, ácido ascórbico (vitamina C), tocofenol (vitamina E), glutathione, entre outros antioxidantes (VALKO *et al.*, 2007). Ainda segundo os autores, para o bom funcionamento do organismo é necessário um equilíbrio entre a produção de radicais livres e as defesas antioxidantes.

Dietas ricas em frutas e vegetais são recomendadas por possuírem propriedades que beneficiam a saúde, e historicamente isso se deve à presença de vitaminas, principalmente vitamina C e A, minerais, e, em tempos recentes, de fitoquímicos, especialmente os compostos fenólicos (SLAVIN; LLOYD, 2012). Os compostos fenólicos são responsáveis pela cor, sabor e atividade metabólica de alimentos de origem vegetal (HYSON, 2011).

As funções dos compostos fenólicos na fisiologia têm sido estudadas há muito tempo. Estes metabólitos secundários são abundantes nos frutos e foram descobertos como moléculas e componentes com grande interesse para a produção de alimentos funcionais, ou seja, além da nutrição básica eles tem efeito potencialmente positivo na saúde (FRANCINI; SEBASTIANI, 2013). E em maçãs, os compostos fenólicos são os principais componentes responsáveis pela capacidade antioxidante dos frutos (ALBERTI, 2014).

Estudos demonstram a variação dos compostos antioxidantes de frutos devido a diversos fatores como a intensidade de poda (MOURA *et al.*, 2017), fatores climáticos como: incidência

solar, índice pluviométrico e temperatura média (BEZERRA, *et al.*, 2013), condições de armazenamento (STANGER *et al.*, 2018) e posição dos frutos no dossel da planta (HAMADZIRIPI *et al.*, 2014).

#### 2.4 INCIDÊNCIA LUMINOSA

A quantidade e a qualidade da radiação solar regulam várias respostas fisiológicas nas plantas (ZORATTI *et al.*, 2015). A radiação solar é uma importante fonte energética para que os órgãos fotossintéticos das plantas frutíferas possam crescer e se desenvolver, além disso, os produtos resultantes da assimilação fotossintética são continuamente transportados até os frutos, promovendo também o seu crescimento e desenvolvimento (ZHANG *et al.*, 2018). Para obter frutos de alta qualidade é importante manejar o crescimento vegetativo de espécies frutíferas, afim de proporcionar maior interceptação solar (MUPAMBI *et al.*, 2018).

A luz também está associada a qualidade da fruta produzida (MUSACCHI, SERRA, 2018). Na fase de maturação de maçãs, os frutos que recebem maior quantidade de luz solar direta tendem a apresentar maturação mais uniforme, ou seja, os frutos tenderão a ter mais açúcares e menos acidez, além de maior intensidade de coloração (DENARDI *et al.*, 2013). Frutos mais expostos à luz apresentam maior pigmentação vermelha decorrente do maior acúmulo de antocianinas (ZARDO *et al.*, 2009).

Além dessas características de qualidade, a quantidade de luz influencia outras. Ambientes com alta irradiação tendem a produzir frutas de tamanho maior com melhor coloração e com teor de matéria seca mais elevado (MUSACCHI, SERRA, 2018). Porém, condições de luz solar em excesso podem provocar distúrbios nos frutos, como, por exemplo, a queimadura de sol (RACSKO; SCHRADER, 2012). Ainda segundo os mesmos autores além do excesso de luz solar, a exposição dos frutos ao calor excessivo, a utilização de alguns manejos culturais e as mudanças repentinas de incidência luminosa são fatores determinantes para o desenvolvimento de queimaduras solares, sendo assim maçãs que crescem em condições de aumento gradual de incidência solar, são menos propensas a sofrerem queimaduras solares. Esse pode ser um dos pontos negativos da execução da poda verde em macieiras, pois alteração nas condições de luminosidade podem ser ambientais ou até mesmo resultado de manejo realizado pelo condutor do pomar, podendo prejudicar a qualidade dos frutos.

Drogoudi e Pantelis (2011) verificaram que a posição dos frutos na planta influencia a coloração vermelha, sendo que frutos da parte superior do dossel, expostos a melhores condições de luz, são mais vermelhos, tem maior conteúdo de sólidos solúveis e apresentam

maiores conteúdos de fenóis, tanto na casca como na polpa. Porém, é necessário realizar práticas que melhorem a qualidade dos frutos que não são tão favorecidos, como por exemplo, aqueles da parte inferior do dossel das plantas.

A maior exposição de maçãs à luz pode favorecer a produção de certos fitoquímicos (BOYER; LIU, 2004). Tanto a quantidade como a qualidade da luz podem influenciar no acúmulo de flavonoides, altas intensidades luminosas e comprimentos de luz na faixa do azul e UV geralmente aumentam a quantidade de flavonoides, especialmente as antocianinas, durante o amadurecimento e a colheita (ZORATTI *et al.*, 2015). O acúmulo de compostos fenólicos nas cascas das maçãs expostas ao sol é uma resposta de proteção dos frutos contra o estresse (ZUPAN *et al.*, 2014).

Condições razoáveis de luz são fundamentais para otimizar a acumulação de compostos funcionais, por exemplo, a concentração de carotenoides em vegetais pode ser aumentada pela regulação da qualidade da luz (BIAN; YANG; LIU, 2015). Um efeito da luz na qualidade dos frutos também foi observado no estudo realizado por Wang, Chen e Wang (2009), quando a intensidade de luz teve um efeito positivo no conteúdo de flavonoides em framboesa.

A quantidade da luz que chega aos frutos pode ser modificada de acordo com algumas práticas e condições do dossel. Alguns fatores como a posição dos frutos no dossel (HAMADZIRIPI *et al.*, 2014), a combinação da prática de poda verde associada com o uso de filmes reflexivos (BHUSAL; HAN; YOON, 2017), o plantio em alta densidade (TYAGI *et al.*, 2017) influenciam a quantidade de luz que chega aos frutos.

## 2.5 A PODA

A poda pode ser utilizada para remover partes da planta para a formação da arquitetura da copa, para a eliminar ramos doentes ou improdutivos em plantas frutíferas e para controlar o vigor (ASHRAF; ASHRAF, 2014). Ainda segundo os autores, através da poda é possível desviar água e nutrientes de um ponto de crescimento da planta a outro, é possível também restringir o crescimento vegetativo, trazendo equilíbrio entre a relação folha/fruto, melhorando a qualidade dos frutos.

Dentre as podas, a poda verde tem destaque, sendo realizada no período vegetativo das plantas, próximo ao período da colheita, através desta prática é possível produzir frutos de maior qualidade (DOTTO *et al.*, 2017). No entanto, é preciso tomar cuidado com a ocorrência de distúrbios, que prejudicam a qualidade dos frutos, como por exemplo a queimadura solar, que é potencializada pela elevada luminosidade no interior do dossel, pela bruta mudança de

incidência luminosa, entre outros fatores (RACSKO; SCHRADER, 2012). A poda verde é uma importante prática de manejo em complemento a poda de inverno, pois permite uma seleção mais específica dos ramos, facilitando a penetração de luz, melhorando a relação crescimento vegetativo e produtivo da planta e a qualidade dos frutos (FILHO; MEDINA; SILVA, 2011), além de melhorar as condições fitossanitária do pomar (COOLEY; AUTIO, 2011 e possivelmente pelo fato da poda de verão reduzir o vigor das plantas, o trabalho com a poda de inverno será facilitado.

Estudos realizados comprovam o efeito da poda verde nas características vegetativas, produtivas e de qualidade dos frutos de diversas espécies frutíferas. Em pessegueiro a poda verde reduziu o comprimento dos ramos e o conteúdo de carboidratos, em comparação a plantas que não receberam nenhuma poda, nem mesmo a poda de inverno, além de aumentar a produção de frutos comerciais e melhorar a coloração dos frutos (IKINCI, 2014). A poda de verão tem efeito significativo na intensidade de floração em maçãs cultivar ‘Rubin’, na redução de comprimento de brotos e no peso exportado pela poda (USELIS *et al.*, 2020).

A maturação dos frutos pode ser acelerada com a poda de verão, resultando em maior teor de sólidos solúveis e menor conteúdo de acidez titulável (ASHRAF; ASHRAF, 2014). Segundo os mesmos autores, devido à melhor disponibilidade de luz em plantas submetidas à poda verde é possível maior desenvolvimento de cor vermelha nos frutos. A cor pode ser melhorada pela melhor penetração de luz no interior da planta ou pode ser reduzida, resultado do estímulo ao crescimento dos brotos e através do sombreamento dos frutos (SCHUPP; FERREE, 1988; SAURE, 1990).

A poda de verão pode ter também influência sobre a concentração dos minerais nos frutos. Em estudo realizado por Guerra e Casquero (2010), os autores observaram que a poda de verão aumentou o conteúdo de K e Mg em maçãs. No entanto, nem sempre elevados teores de minerais nos frutos são sinônimos de qualidade. A ocorrência de “bitter pit” em maçãs gala pode ser consequência de elevados níveis de K na casca dos frutos (AMARANTE; CHAVES; ERNANI, 2006), além de estar relacionado à maior incidência de escurecimento de polpa de maçãs ‘Fuji’, quanto maior o conteúdo deste mineral na polpa, maior a porcentagem de frutos com escurecimento interno (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003). Por isso, deve-se levar em conta todos os aspectos relativos a qualidades dos frutos, tanto na colheita como após longos períodos de armazenamento para assim concluir sobre se os efeitos da poda verde são realmente benéficos ou não à qualidade das maçãs.

Além da realização ou não da poda verde, a época em que ela é feita também tem fortes influências sobre aspectos produtivos, vegetativos e por consequência na qualidade dos frutos.



Em um estudo realizado por Rufato *et al.* (2012), a época da poda verde resultou em diferenças no número de frutos e na seção de tronco por número de frutos ( $\text{cm}^2 \text{fruto}^{-1}$ ) em pereira.

A poda de verão quando realizada tardiamente tende a reduzir a taxa de crescimento das brotações de pessegueiro, reduzindo o comprimento e o diâmetro da parte aérea (IKINCI, 2014). Para evitar a regeneração da parte vegetativa em excesso na mesma estação, devido a poda de verão, é recomendado fazer a poda em uma época mais tardia (LI, 2001), evitando assim o sombreamento dos frutos pelo excesso de vigor induzido pela prática da poda antecipada, permitindo a entrada de luz no interior da copa.

Tahir *et al.* (2007) observaram que a qualidade de maçã armazenadas por 4 meses teve clara relação com a época em que foi realizada a poda, além disso as plantas que receberam poda de verão produziram frutos que mantiveram maior firmeza de polpa e maior relação sólidos solúveis/acidez titulável). Normalmente os produtores de macieiras realizam a poda verde, no entanto, nas condições do Sul do Brasil ela é realizada geralmente no mês de dezembro, afim de antecipar a poda para que possa ser finalizada antes do início da colheita de maçãs Gala, que ocorre normalmente nos meses de fevereiro e março, e assim utilizar a mesma mão-de-obra para os dois manejos (informação verbal)<sup>1</sup>.

## 2.6 ARMAZENAMENTO

Após a colheita diversas tecnologias podem ser utilizadas para manter a qualidade e retardar a maturação dos frutos, evitando a perda de água e os danos físicos e reduzindo a incidência de distúrbios fisiológicos e patológicos. Dentre as tecnologias pós-colheita utilizadas, a refrigeração é o principal método utilizado no armazenamento de frutos (BRIZZOLARA *et al.*, 2020). O armazenamento refrigerado (AR) permite o armazenamento de maçãs ‘Fuji’ por até 6-7 meses (GIRARDI; BENDER, 2003).

Com o intuito de se prolongar o período de armazenamento dos frutos, em combinação com o efeito da baixa temperatura, utiliza-se a atmosfera controlada (AC), onde as concentrações de  $\text{O}_2$  são reduzidas e as concentrações de  $\text{CO}_2$  são normalmente aumentadas, afim de prolongar a vida útil dos produtos (HO *et al.*, 2016). Os principais efeitos do AR e da AC estão associados à respiração, biossíntese e à ação do etileno e a outros processos metabólicos, influenciando as taxas das alterações que ocorrem durante o amadurecimento após

---

<sup>1</sup> Informação obtida através da palestra da Dra. Mariuccia Schlichting de Martin proferida à produtores da região de São Joaquim, 2020.

a colheita, isso inclui a textura, o sabor e a cor dos frutos (BRIZZOLARA *et al.*, 2020).

Algumas práticas aplicadas antes da colheita dos frutos podem ter influência na qualidade dos frutos até mesmo após o armazenamento. A incidência de distúrbios fisiológicos induzidos pelo armazenamento dos frutos em baixas temperaturas é influenciada por condições pré-colheita, como condições ambientais, práticas de manejo aplicadas no pomar e a posição dos frutos na planta (FRANCK *et al.* 2007).

A poda de verão combinada com a aplicação suplementar de cálcio após a colheita dos frutos, como forma de otimizar a captação de cálcio pelo fruto, é muito útil para evitar perda por bitter pit durante o armazenamento de maçãs (GUERRA; CASQUERO, 2010). Já a época da poda tem relação com o a porcentagem de deterioração de maçãs após o armazenamento em AR, além disso, os frutos de plantas podadas no verão têm menores alterações de firmeza de polpa e de qualidade do sabor após o armazenamento em AR (TAHIR *et al.*, 2007).

A casca das maçãs podem ter seu metabolismo alterado durante a armazenamento em consequência da exposição dos frutos ao sol durante seu desenvolvimento, entre as modificações estão o desenvolvimento de desordens, o amadurecimento e também alterações na aparência do fruto, ou seja, o estresse começa no pomar e se prolonga durante o armazenamento (MC TAVISH *et al.*, 2020). O escurecimento de polpa em maçãs ‘Fuji tem relação com conteúdo mineral dos frutos, esse distúrbio pode ser associado a baixas concentrações de Ca nos frutos (CORRÊA *et al.*, 2017).

Ainda existe um potencial para aprofundar o conhecimento da influência da época de realização da poda verde sobre o perfil aromático, a qualidade físico-química e funcional dos frutos pós-colheita, especialmente no armazenamento em atmosfera controlada com ultrabaixo oxigênio (AC-ULO).

### 3 PODA VERDE TARDIA MELHORA A QUALIDADE E AUMENTA O CONTEÚDO DE COMPOSTOS FUNCIONAIS NOS FRUTOS DE MACIEIRAS 'FUJI'

#### 3.1 RESUMO

Alguns atributos físico-químicos de maçãs, como a cor e o tamanho, refletem na sua aceitabilidade e no preço pago ao produtor. Além disso, os compostos funcionais desses frutos têm grande contribuição para a saúde humana. Essas características são influenciadas por alguns fatores, dentre eles, a intensidade luminosa que incide sobre os frutos. Por isso, algumas práticas são utilizadas para aumentar a luminosidade no interior do dossel, como a poda verde. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da época de realização da poda verde sobre a qualidade de maçãs 'Fuji', na colheita, especialmente sobre a cor vermelha e as propriedades funcionais, e após o armazenamento. Os tratamentos avaliados foram sem poda verde (controle) e poda verde em dezembro, janeiro e fevereiro. O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2016/17, 2017/18 e 2018/19. Os frutos foram analisados na colheita e após 3,5 meses de armazenamento refrigerado ( $1,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$  e UR de  $92 \pm 4\%$ ) mais 7 dias de exposição dos frutos em condições ambiente ( $23 \pm 3^\circ\text{C}$  e UR de  $60 \pm 5\%$ ). A poda verde em janeiro, nas safras 2016/17 e 2018/19, e em fevereiro, na safra 2018/19, reduziu o valor de  $h^\circ$ , indicando maior amarelecimento da epiderme. Quanto mais tardia foi realizada a poda verde, maior a porcentagem de frutos com mais de 50% de cor vermelha na casca. Nos três anos agrícolas avaliados, o índice de iodo-amido e o teor de sólidos solúveis não foram influenciados pela poda verde, todavia, a poda verde em fevereiro proporcionou frutos com maior firmeza de polpa. De maneira geral, a poda verde em janeiro e fevereiro proporcionou frutos com maior teor de antocianinas, em dois anos agrícolas (2016/17 e 2017/18), e maiores valores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (método DPPH) no ano agrícola 2017/18. A poda verde não interferiu na qualidade de frutos após 3,5 meses de armazenamento refrigerado seguido por mais 7 dias de exposição dos frutos em condições ambiente. A poda verde em janeiro ou fevereiro aumenta o conteúdo de compostos funcionais e melhora a coloração, ao passo que a poda verde em fevereiro aumenta a firmeza de polpa, proporcionando frutos com qualidade superior na colheita.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* Borkh., antocianinas, compostos fenólicos, atividade antioxidante, tratos culturais.

### 3.2 INTRODUÇÃO

Os atributos físico-químicos de maçãs são aspectos importantes na definição do preço pago ao produtor pela produção. Os açúcares, os ácidos orgânicos e a sua relação (ratio) são importantes atributos para a definição do sabor dos frutos (PETKOVSEK; STAMPAR; VEBERIC, 2007). Contudo, a produção de frutos sem defeitos e com maior coloração vermelha é determinante para a sua classificação em categorias superiores, o que impacta em maior remuneração ao produtor (FIOVARANÇO; LAZZAROTTO, 2012).

Além dos atributos físico-químicos, as propriedades funcionais dos frutos são importantes em maçãs. O consumo regular de maçãs promove a melhoria da saúde humana, principalmente pela proteção contra doenças crônicas (CONDEZO-HOYOS; MOHANTY; NORATTO, 2014). Os polifenóis, que são encontrados na maçã, possuem importante papel neste efeito promotor da saúde humana (CORY *et al.*, 2018). As antocianinas, presentes na casca de maçãs vermelhas, por exemplo, reduzem a oxidação do colesterol LDL e diminuem o desenvolvimento e a progressão das lesões ateroscleróticas (CARDOSO; LEITE; PELUZIO, 2011).

Na pré-colheita de maçãs, alguns fatores ambientais como luz, temperatura e umidade, e alguns tratamentos culturais, como irrigação, adubação, raleio e poda, afetam e modificam os atributos de qualidade dos frutos (MUSACCHI; SERRA, 2018). Pomares muito adensados, com plantas altas e vigorosas, tendem a diminuir a penetração de luz no dossel, principalmente nas partes mais baixas e no interior das plantas, resultando em menor rendimento e qualidade dos frutos (DJORDJEVIĆ; DEJAN; GORDAN, 2019). Ambientes com alta irradiação são favoráveis a produção de frutos com maior porcentagem de matéria seca e mais vermelhos (MUSACCHI; SERRA, 2018). A poda verde em macieira é uma prática agrônômica utilizada para, além de outros objetivos, a melhoria da qualidade dos frutos, através das mudanças no ambiente do dossel, principalmente em relação à quantidade de luz incidente (COOLEY; AUTIO, 2011). Com a maior disponibilidade de luz em plantas submetidas à poda verde é possível melhorar a cor vermelha, antecipar a maturação, reduzir a acidez titulável e aumentar o conteúdo de sólidos solúveis dos frutos (ASHRAF; ASHRAF, 2014).

A poda verde pode ser realizada durante o período vegetativo da planta. Em geral, os produtores da região Sul do Brasil realizam essa prática no mês de dezembro, pois antecipar a realização dessa prática favorece a disponibilidade de mão-de-obra que o produtor terá para a colheita de maçãs ‘Gala’, que ocorre nos meses de fevereiro e março. Além disso, na região da cidade de São Joaquim-SC ainda existem muitos pomares de ‘Fuji’ em que os produtores tem

como cultivar copa a ‘Fuji Standard’, um clone com pouco desenvolvimento de cor, sob o porta-enxerto Marubakaibo, extremamente vigoroso, que acaba prejudicando ainda mais o desenvolvimento de cor nos frutos (informação verbal)<sup>2</sup>. Por isso, buscou-se avaliar outras épocas de poda, mais tardias, para verificar a qualidade dos frutos em diferentes épocas de poda verde.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da época de realização da poda verde sobre a qualidade de frutos de maçãs ‘Fuji Standard’, especialmente sobre a cor vermelha e as propriedades funcionais.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um pomar experimental localizado na Estação Experimental de São Joaquim, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), no município de São Joaquim (28°17’39”S, 49°55’56”W; 1.415 m de altitude), durante os ciclos produtivos de 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, com macieiras da cultivar ‘Fuji Standard’ sobre porta-enxerto ‘Marubakaido’ com filtro de M.9. O pomar foi implantado no ano de 1999, em um espaçamento de 4 m entre linhas e 1,5 m entre plantas. O pomar foi escolhido por representar a realidade da região, muitos produtores ainda possuem pomares semelhantes a este, necessitando de manejos para melhorar a coloração dos frutos, já que é um clone pouco colorido e o porta-enxerto é vigoroso.

O clima da região é mesotérmico úmido (Cfb) segundo a classificação de Köppen-Geiger, ou seja, clima temperado constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco. O acúmulo médio de temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C na região é de 900 horas. O solo do campo experimental é classificado como Cambissolo Húmico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (ALVARES *et al.*, 2014; PASA *et al.*, 2018). Os dados de temperatura média, amplitude térmica, precipitação e horas de insolação durante os meses de dezembro a abril nos três anos agrícolas estão apresentados na Figura 1.

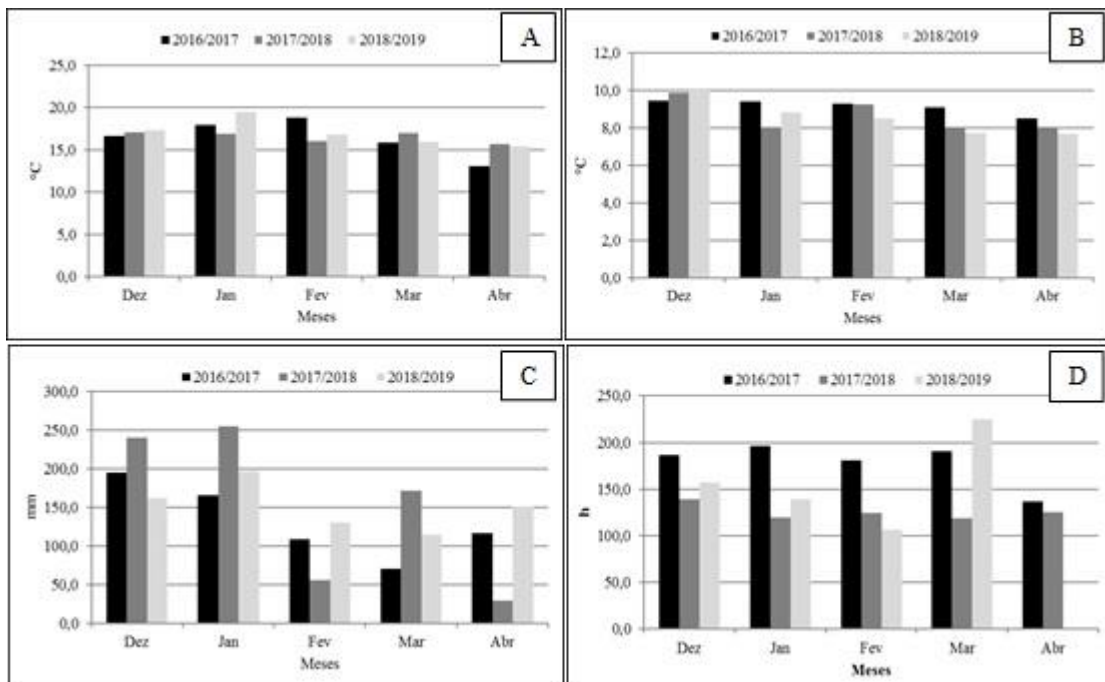
Os tratamentos avaliados foram sem poda verde (controle) e com poda verde realizada nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. A poda verde foi realizada na segunda semana de cada mês, através da retirada de ramos inteiros nas posições superior, mediana e inferior do dossel vegetativo. Foram retirados ramos verticais e ramos que prejudicavam a entrada de luz no dossel e, conseqüentemente, sombreavam os frutos. O delineamento experimental utilizado

---

<sup>2</sup> Informação obtida através da palestra da Dra. Mariuccia Schlichting de Martin proferida à produtores da região de São Joaquim, 2020.

foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e unidade experimental composta de três plantas, sendo que as duas plantas laterais foram consideradas como bordadura, nas quais também foi realizada a poda na época designada em cada tratamento.

Figura 1 Dados climáticos de temperatura média (A), amplitude térmica (B), precipitação (C) e insolação (D) da estação meteorológica de São Joaquim (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC- EPAGRI, 2020).



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Frutos de todos os tratamentos foram colhidos nos dias 26/04/2017, 11/04/2018 e 15/04/2019. Após a colheita, os frutos foram transportados até o laboratório, onde foram analisados quanto aos atributos de maturação e qualidade, sendo avaliadas as variáveis: porcentagem de frutos com mais de 50% de cor vermelha, cor da casca (cor vermelha e cor de fundo), índice de iodo-amido, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ratio (SS/AT). Nos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18 foram realizadas amostragens de tecido da casca das maçãs para análise de antocianinas, compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT; métodos ABTS e DPPH). Foram utilizados 50 frutos por unidade experimental para avaliação da porcentagem dos frutos com mais de 50% de cor vermelha e 20 frutos para as demais avaliações. 30 frutos por unidade experimental, nas safras 2016/17 e 2017/18, foram armazenados por 3,5 meses ( $1,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$  e UR de  $92 \pm 4\%$ ) e mais 7 dias de exposição dos frutos em condições ambiente ( $23 \pm 3^\circ\text{C}$  e UR de  $60 \pm 5\%$ ), simulando o período de comercialização, sendo após avaliados quanto à firmeza de polpa, cor da casca (cor

de fundo, mudança da cor verde para o amarelo), SS, AT, ratio e incidência de podridões.

A porcentagem de superfície do fruto recoberta com cor vermelha foi avaliada visualmente de forma subjetiva, sendo contabilizada a proporção de frutos com superfície recoberta com mais de 50% com cor vermelha.

A cor da casca foi medida em termos de ângulo hue ( $h^\circ$ ), nas regiões mais e menos vermelha dos frutos (cor de fundo). O  $h^\circ$  foi determinado com auxílio de um colorímetro, marca Konica Minolta® (Tóquio, Japão), modelo CR 400. Os valores de  $h^\circ$  apresentam as seguintes correspondências quanto às cores da superfície do tecido vegetal:  $0^\circ$ /vermelho,  $90^\circ$ /amarelo,  $180^\circ$ /verde e  $270^\circ$ /azul.

A firmeza de polpa foi determinada em duas regiões opostas, na porção equatorial dos frutos, com pequena porção da epiderme previamente removida, com auxílio de um penetrômetro motorizado, marca Güss Manufacturing Ltd. (Cidade do Cabo, África do Sul), equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro e os resultados expressos em Newton (N).

O índice de iodo-amido foi determinado pela reação do amido com uma solução com 12 g de iodo metálico e 24 g de iodeto de potássio em 1 L de água destilada. Após um corte na região equatorial dos frutos, foi aplicada a solução de iodo na superfície cortada da metade peduncular do fruto, a cor da qual foi comparada (reação do iodo com o amido) com uma escala de 1-5, onde o índice 1 indica o teor máximo de amido, e o índice 5 representa o amido totalmente hidrolisado.

A AT foi determinada em uma amostra de 5 mL de suco dos frutos, previamente extraído de fatias transversais, retiradas da região equatorial das maçãs e trituradas em uma centrífuga elétrica. Esta amostra foi diluída em 45 mL de água destilada e titulada, com titulador automático, marca Titro Line Easy® (Mainz, Alemanha), com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N até pH 8,1, sendo os resultados expressos em % de ácido málico.

O conteúdo de SS foi determinado por meio de um refratômetro digital, marca Atago (Tóquio, Japão), modelo PR 201 $\alpha$ , utilizando o suco da maçã extraído conforme citado para a AT, e os resultados expressos em °Brix. Com os valores de SS e AT foi calculada a relação SS/AT.

O extrato para a quantificação de CFT e AAT na casca dos frutos foi obtido conforme a metodologia de Rufino *et al.* (2007a), adaptado de Larrauri, Ruperez, Saura-calixto (1997). Em tubos Falcon, foram pesadas 5 g de amostra, em seguida, adicionado 10 mL de metanol diluído em água destilada (50:50, v/v) e homogeneizado em ultra turrax, e após mantido em repouso por 60 minutos em temperatura ambiente. As amostras foram centrifugadas durante 15 min a 4°C e o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico com capacidade de 25

mL. Foi adicionado ao resíduo da primeira extração 10 mL de acetona diluída em água destilada (70:30, v/v), seguido do mesmo procedimento anterior até a obtenção do sobrenadante. Ao final, o segundo sobrenadante foi adicionado ao primeiro e o volume do balão volumétrico foi ajustado com água destilada até 25 mL. A AAT foi determinada pelas metodologias baseadas na capacidade do extrato em capturar o radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (método DPPH) (RUFINO *et al.*, 2007b) e o radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (método ABTS) (RUFINO *et al.*, 2007a).

Para o método DPPH, o radical foi preparado no dia da análise, através da diluição do DPPH (0,06 mM) em metanol. Para tubos de ensaio foi transferida uma alíquota de 0,1 mL do extrato e 3,9 mL do radical, em triplicata. A mistura foi homogeneizada e a absorbância foi quantificada no comprimento de onda de 515 nm, após 30 minutos do início da reação com a adição do extrato. A curva de calibração foi realizada com soluções padrões de Trolox, e os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente de Trolox por 100 g de massa fresca ( $\mu\text{Mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ ).

Para a determinação pelo método ABTS, o radical foi preparado através da solução estoque de ABTS (7 mM) com persulfato de potássio (140 mM) e permaneceu por 16 horas a 20 °C. Antes das análises o radical foi diluído com álcool etílico até a absorbância de  $0,70 \pm 0,05$  no comprimento de onda de 734 nm. Alíquotas de 30  $\mu\text{L}$  foram transferidas em tubos Falcon, que continham 3 mL do radical ABTS, em triplicata, e homogeneizados. Após 6 minutos de reação, a absorbância foi quantificada no comprimento de 734 nm. A curva de calibração foi realizada com soluções padrões de Trolox, e os resultados expressos em  $\mu\text{Mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ . A determinação de CFT foi realizada através da modificação da metodologia de espectrofotometria por Folin-Ciocalteu, descrita inicialmente por Roesler *et al.* (2007). Para tanto, 2,5 mL de uma mistura de Folin-Ciocalteu e água (30:70 v/v) foi adicionada em tubos Falcon, em seguida adicionou-se 0,5 mL do extrato, em triplicata. Os tubos foram agitados e repousaram por 3 minutos. Ao final desse período, 2 mL de uma solução de carbonato de cálcio (10%) foi adicionada e homogeneizada. O tempo de reação foi de 1 hora e, após esse período, a absorbância das amostras foi determinada no comprimento de onda de 765 nm. A curva de calibração foi realizada com ácido gálico, e os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico por 100 g de massa fresca ( $\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ ). O conteúdo de antocianinas totais na casca dos frutos foi determinado conforme a metodologia de Fuleki e Francis (1968), com adaptações. Em tubos Falcon, foram adicionadas 5 g de amostra de casca de frutos e 15 mL de solvente. O solvente foi preparado com etanol (95%) e ácido clorídrico (1,5 N), na proporção de 85:15 (v/v). A amostra e o solvente foram homogeneizados em ultra turrax, por



aproximadamente 1 minuto, e armazenadas por 34 horas (3-4°C). As amostras foram centrifugadas a 12.000 rpm por 15 minutos a 4°C. Em seguida, 2 mL do sobrenadante foi transferido para tubos graduados e o volume completado até 50 mL, com o solvente extrator. As análises foram realizadas em de 535 e 700 nm, e os resultados expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo por 100 g de peso fresco (mg cianidina-3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> MF).

Os dados expressos em porcentagem foram transformados em  $\arcsin \sqrt{x/100}$ . Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e testada a interação entre tratamentos e ano agrícola. Quando o efeito de tratamento foi significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ), em cada ano agrícola quando houve interação significativa, ou com dados médios dos anos agrícolas avaliados quando não houve interação.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre tratamentos e anos agrícolas para as variáveis índice de iodo-amido, SS e firmeza de polpa (Tabela 1).

Tabela 1 Índice de iodo-amido, sólidos solúveis e firmeza de polpa em maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de realização da poda verde, em três anos agrícolas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019). Dados médios dos três anos.

Tratamentos	Índice de iodo-amido (1-5)	Sólidos solúveis (°Brix)	Firmeza de polpa (N)
Sem poda verde	4,5a*	12,8 a	71,7 bc
Poda em dezembro	4,6 a	12,5 a	73,1 ab
Poda em janeiro	4,6 a	12,8 a	70,4 c
Poda em fevereiro	4,7 a	12,6 a	74,0 a
CV (%)	4,3	3,8	3,4

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

O índice de iodo-amido e o teor de SS não foram afetados pelos tratamentos de poda verde (Tabela 1). Contrariamente aos resultados obtidos, Robinson, Seeley, Barritt (1983) observaram maior degradação de amido em maçãs mais expostas a luz e atribuíram este efeito ao aumento do metabolismo nos frutos com o aumento na intensidade luminosa incidente. İkinci (2014), por sua vez, observou efeito inconsistente da poda verde sobre o teor de SS em pêssegos, havendo alternância de resultados ao longo dos ciclos avaliados.

A poda verde em fevereiro proporcionou maior firmeza de polpa dos frutos na colheita (Tabela 1). A relação entre a incidência luminosa e a firmeza de polpa dos frutos é muito

variável. Estudos demonstram relações positivas com relação à incidência luminosa e a firmeza de polpa em maçãs ‘Fuji’ (JUNG; CHOI, 2010). Segundo Saure (1987), a firmeza de polpa é um atributo de maturação que possui comportamento variável em função da poda verde. Contudo, no presente trabalho o efeito foi consistente nos três anos agrícolas avaliados.

Os valores de AT e de relação SS/AT, em resposta aos tratamentos aplicados, variaram entre os anos agrícolas (Tabela 2). A AT foi superior em maçãs colhidas de plantas do tratamento controle no ano agrícola de 2016/2017. No entanto, a AT foi superior em frutos de plantas submetidas à poda verde no mês de fevereiro no ano agrícola de 2017/2018. Porém, não houve diferença entre tratamentos para a AT no ano agrícola 2018/2019. Em diferentes cultivares de pêssgo também não foi observado efeito consistente da poda verde sobre a AT, sendo o efeito variável conforme o ano de estudo (IKINCI, 2014; IKINCI; KUDEN; EROL, 2014). Este mesmo padrão de comportamento foi citado por Saure (1987) em sua revisão, citando que há trabalhos que demonstram que a realização da poda incrementou a AT, trabalhos que observaram o efeito contrário e outros em que não foi observado nenhum efeito. Possivelmente a influência da poda verde sobre este atributo é dependente das condições meteorológicas durante o desenvolvimento dos frutos.

A relação SS/AT foi superior nos frutos de plantas submetidas à poda verde no mês de janeiro, porém sem diferir de frutos da poda no mês de fevereiro no ano agrícola de 2016/2017. No ano agrícola de 2017/2018, a menor relação SS/AT foi encontrada nos frutos de plantas em que a poda verde foi realizada no mês de fevereiro, e no ano agrícola 2018/2019 não foi observada diferença entre tratamentos. Estes resultados da relação SS/AT foram determinados pela variação da AT (Tabela 2), uma vez que os valores de SS não diferiram entre tratamentos (Tabela 1).

Os valores de cor de fundo ( $h^\circ$  da região menos vermelha), em resposta aos tratamentos aplicados, variaram entre os anos agrícolas (Tabela 2). A cor de fundo foi menos verde (menor valor de  $h^\circ$ ) em frutos de plantas podadas em janeiro, porém sem diferir da poda verde em fevereiro, no ano agrícola de 2016/2017, e nas podas verdes em janeiro e fevereiro, no ano agrícola de 2018/2019. Porém, no ano agrícola 2017/2018, não houve diferença entre tratamentos (Tabela 2). Em maçãs, durante o processo de maturação, ocorre o desenvolvimento da cor final dos frutos e, nesse processo, além da síntese de compostos secundários, ocorre a degradação da clorofila (MUSACCHI; SERRA, 2018). A cor de fundo é considerada um indicador confiável para avaliar a maturação de maçãs (SAURE, 1987), e o menor  $h^\circ$  da cor de fundo com a poda verde, em dois anos agrícolas estudados, poderia indicar uma antecipação da maturação dos frutos. Contudo, outros atributos de maturação, como firmeza de polpa, SS e

índice iodo-amido, não sustentam essa antecipação da maturação com a poda verde, independente da época de realização.

Tabela 2 Acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e cor de fundo ( $h^\circ$ ) em maçãs 'Fuji', na colheita, em função da época de realização da poda verde, em três anos agrícolas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019).

Tratamentos	Acidez titulável (% ácido málico)	SS/AT	Cor de fundo ( $h^\circ$ )
2016/2017			
Sem poda verde	0,46 a*	27,1 c	101,5 a
Poda em dezembro	0,38 b	31,6 bc	104,8 a
Poda em janeiro	0,32 c	38,7 a	92,0 b
Poda em fevereiro	0,34 bc	34,8 ab	98,7 ab
CV (%)	10,7	9,9	5,0
2017/2018			
Sem poda verde	0,35 b	41,6 a	108,4 a
Poda em dezembro	0,37 b	38,0 a	110,0 a
Poda em janeiro	0,36 b	39,3 a	108,9 a
Poda em fevereiro	0,44 a	31,8 b	107,8 a
CV (%)	7,3	8,2	1,6
2018/2019			
Sem poda verde	0,39 a	30,3 a	107,1 a
Poda em dezembro	0,36 a	32,5 a	108,1 a
Poda em janeiro	0,37 a	32,9 a	104,2 b
Poda em fevereiro	0,39 a	31,0 a	105,2 b
CV (%)	7,1	8,2	1,1

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para um mesmo ano agrícola, não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Não houve interação entre tratamentos e anos agrícolas para o desenvolvimento de cor vermelha dos frutos na colheita. A realização da poda verde em janeiro e fevereiro, de maneira geral, proporcionou frutos de coloração vermelha mais intensa (menor valor de  $h^\circ$  na região mais vermelha) e maior proporção de frutos com  $> 50\%$  da superfície recoberta com cor vermelha (Tabela 3). Mesmo as plantas podadas no mês de dezembro produziram mais frutos com essa condição do que as plantas que não foram podadas. A cor vermelha de maçãs é importante fator para o estímulo à compra dos frutos por parte do consumidor (STANGER *et al.*, 2017). As plantas podadas no mês de fevereiro produziram cerca de 37,6% a mais de frutos com  $>50\%$  de cor vermelha do que o tratamento controle, o que impactará em frutos com maior remuneração pela produção.

Tabela 3 Cor do fruto na região mais vermelha ( $h^\circ$ ) e porcentagem de frutos com mais de 50% de cor vermelha, na colheita, em função da época de realização da poda verde, em três anos agrícolas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019). Dados médios dos três anos.

Tratamentos	Região mais vermelha ( $h^\circ$ )	Frutos com mais de 50% de cor vermelha (%)
Sem poda verde	51,6 a	40,5 c
Poda em dezembro	52,8 a	51,6 b
Poda em janeiro	41,8 b	56,8 ab
Poda em fevereiro	44,3 b	64,9 a
CV (%)	13,1	22,2

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

A cor vermelha na casca das maçãs é resultado da síntese de antocianinas (BAE *et al.*, 2006), e esse processo é altamente dependente da luz (STAMPAR, F.; VEBERIC STAMPAR, 2009). O teor de antocianinas, de forma geral, foi maior em frutos de plantas com poda verde em janeiro e fevereiro, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 (Tabela 4). Alta intensidade luminosa aumenta a síntese de flavonoides, em particular a classe das antocianinas, em algumas etapas de desenvolvimento do fruto, como por exemplo, durante o amadurecimento e a colheita (ZORATTI *et al.*, 2015). Portanto, as plantas podadas nos meses de janeiro e fevereiro proporcionaram maior entrada de luz no interior da planta, melhorando a coloração dos frutos.

Nas plantas controle, em que não foram retirados ramos ladrões e aqueles que sombreavam os frutos, possivelmente houve redução da passagem de luz para o interior do dossel, restringindo o processo de síntese de pigmentos antocianos nos frutos. Segundo Ashraf e Ashraf (2014), a disponibilidade de luz aos frutos para o desenvolvimento da cor vermelha pode ser melhorada pela poda verde. Embora não tenha sido avaliada a retomada de crescimento vegetativo após a realização da poda, foi possível observar que as plantas podadas no mês de dezembro retomaram o seu crescimento vegetativo durante os meses subsequentes (Anexo A). Pelo favorecimento da entrada de luz no interior da planta, a poda verde pode favorecer a coloração vermelha dos frutos, porém, em alguns casos, a coloração pode também ser prejudicada, pois a poda verde pode resultar num estímulo ao crescimento de outras gemas vegetativas, emitindo novos ramos que sombreiam os frutos (SCHUPP; FERREE, 1988; SAURE, 1990), o que ocorreu no presente trabalho em plantas podadas no mês de dezembro (Anexo B).

Tabela 4 Teor de antocianinas totais (ANT), compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT; métodos ABTS e DPPH) na casca de maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de realização da poda verde, em dois anos agrícolas (2016/2017 e 2017/2018).

Tratamentos	ANT (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g <sup>-1</sup> MF)	CFT (mg EAG 100 g <sup>-1</sup> MF)	AAT (μMol Trolox 100 g <sup>-1</sup> MF)	
			ABTS	DPPH
2016/2017				
Sem poda verde	33,7 bc*	349,8 a	7528,0 a	6856,0 a
Poda em dezembro	24,4 c	363,0 a	7367,0 a	9214,0 a
Poda em janeiro	57,6 a	383,8 a	8712,0 a	8543,0 a
Poda em fevereiro	42,5 ab	402,7 a	6945,0 a	7431,0 a
CV (%)	19,4	11,8	21,7	31,8
2017/2018				
Sem poda verde	14,3 bc	253,4 b	3350,0 ab	5601,7 b
Poda em Dezembro	13,5 c	224,4 b	2844,4 b	5643,3 b
Poda em Janeiro	19,0 ab	370,1 a	3198,2 ab	8097,5 a
Poda em Fevereiro	25,1 a	438,7 a	3977,8 a	8089,2 a
CV (%)	12,6	15,2	11,4	15,0

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para um mesmo ano agrícola, não diferem entre si pelo teste LSD (p < 0,05).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Os valores de CFT e AAT em resposta aos tratamentos aplicados, variaram entre os anos agrícolas (Tabela 4). No ano agrícola 2016/2017 não houve efeito dos tratamentos sobre os valores de CFT e AAT (métodos ABTS e DPPH) na casca dos frutos. Todavia, no ano agrícola 2017/2018, as plantas podadas nos meses de janeiro e fevereiro produziram frutos com maiores valores de CFT, bem como de AAT quantificada através do método DPPH (Tabela 4). Os CFT são influenciados por fatores ambientais, principalmente a luz (JAKOPIC; STAMPAR; VEBERIC, 2009). Portanto, assim como ocorreu no acúmulo de antocianinas, a poda verde realizada nos meses de janeiro e fevereiro, possivelmente permitiu maior entrada de luz no interior do dossel, resultando em maiores valores de CFT e AAT na casca dos frutos.

Os principais compostos antioxidantes de várias frutas e vegetais são os polifenóis (COKLAR; AKBULUT, 2017); em maçãs, os principais grupos de compostos fenólicos correspondem aos ácidos fenólicos, os flavonoides e as antocianinas (CEYMANN *et al.*, 2012; JAKOBEK *et al.*, 2013). Isso explica a maior AAT (método DPPH) na casca dos frutos de plantas submetidas à poda verde realizada nos meses de janeiro e fevereiro, em que se obteve também maiores valores de CFT e antocianinas e maior coloração vermelha.

No ano agrícola de 2016/2017, em que as frutas foram colhidas no final do mês de abril

(período de maturação mais longo), em geral, a amplitude térmica foi maior, a precipitação menor e houve maior número de horas de sol (Figura 1). Esses são fatores que contribuem para o acúmulo de cor nos frutos. Isso pode explicar o fato de não ter sido encontrado efeito da poda verde nos compostos fenólicos e atividade antioxidante, e o maior conteúdo desses compostos nesse respectivo ano agrícola. Já no ano agrícola 2017/2018, os dados climáticos indicam que aconteceu o contrário do ano anterior. Observou-se menor temperatura média, menor amplitude térmica, menor insolação e em alguns meses maior precipitação. Essas condições não são favoráveis para o acúmulo de cor nos frutos e, portanto, ficou mais evidente o efeito da época da poda verde nesse ano agrícola, através das diferenças no conteúdo de antioxidantes e compostos fenólicos.

Nas avaliações realizadas após o armazenamento, em relação ao tratamento sem poda verde, a realização da poda verde, independente da época, não influenciou a incidência de podridões, amarelecimento dos frutos, firmeza de polpa, AT, SS e ratio (dados não apresentados).

A escolha da melhor época para a realização da poda verde mostra ser uma importante decisão, pois tem grande influência na qualidade dos frutos produzidos. Os resultados obtidos mostram que a poda verde nos meses de janeiro e fevereiro em macieiras ‘Fuji Standard’ (clone com frutos de reduzida cor vermelha), com elevado vigor (pomares implantados há vários anos, sobre porta-enxerto ‘Marubakaido’ com filtro M9), pode ser uma alternativa viável para melhorar a qualidade dos frutos na colheita, especialmente em safras pouco favoráveis para o desenvolvimento de cor vermelha. Como observado, o ganho com a realização dessa prática na época adequada não é só na qualidade visual, mas também na qualidade funcional dos frutos. Como no mês de fevereiro inicia-se a colheita de maçãs ‘Gala’, a poda em janeiro é alternativa mais viável para a realização da poda verde em maçãs ‘Fuji Standard’

### 3.5 CONCLUSÕES

A realização da poda verde em macieiras ‘Fuji Standard’, nos meses de janeiro e fevereiro, promove o desenvolvimento de cor vermelha, bem como o aumento nos valores de compostos fenólicos e atividade antioxidante na casca dos frutos. Adicionalmente, a poda verde em fevereiro resulta em frutos com maior firmeza de polpa na colheita. A poda verde em dezembro é pouco efetiva para melhoria da coloração e das propriedades funcionais dos frutos. A poda verde não influencia a qualidade de maçãs ‘Fuji Standard’ armazenadas sob refrigeração.

## 4 ÉPOCA DE PODA VERDE EM MAÇÃS ‘FUJI’ REFLETE NA QUALIDADE DOS FRUTOS NA COLHEITA E APÓS O ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA COM ULTRABAIXO OXIGÊNIO.

### 4.1 RESUMO

A poda verde é uma prática utilizada em pomares de macieira há muitos anos. Porém, são poucas as informações que abrangem o efeito da época em que a poda verde é realizada sobre a qualidade dos frutos na colheita e no pós-armazenamento em atmosfera controlada (AC) com ultrabaixo oxigênio (ULO), e a influência da época de realização desta prática sobre o perfil de compostos voláteis e conteúdo mineral dos frutos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da época de realização da poda verde sobre a qualidade de maçãs ‘Fuji’ na pós-colheita e após o armazenamento em AC-ULO. Os tratamentos avaliados foram diferentes épocas de realização da poda verde em maçãs ‘Fuji’, sendo elas: poda verde em dezembro, janeiro e fevereiro, além do tratamento controle (sem a realização da poda verde), em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições no primeiro ano agrícola e cinco repetições no segundo ano agrícola. Uma amostra de frutos foi avaliada logo após a colheita e outra amostra de frutos foi armazenada por aproximadamente 8 meses em AC-ULO, nos anos agrícolas 2018/2019 e 2019/2020. Frutos de plantas podadas em fevereiro apresentaram melhores atributos de cor vermelha na colheita e a casca dos frutos apresentam, no geral, maior conteúdo de compostos funcionais. No segundo ano agrícola, a relação mineral N/Ca foi menor em frutos de plantas podadas em fevereiro. O perfil de compostos aromáticos foi modificado, os compostos 2-metilbutila e acetato de hexila, importantes para o aroma de maçãs, foram identificados em menores concentrações em plantas podadas, em comparação a plantas não podadas. Após o armazenamento mais 7 dias em condições ambiente, não foram observados efeitos evidentes da época da poda verde na qualidade dos frutos, no entanto, o escurecimento de polpa foi menor em frutos de plantas podadas em fevereiro nos dois anos agrícolas avaliados. A realização da poda verde em fevereiro proporciona frutos com maior desenvolvimento de cor vermelha, com maior quantidade de compostos funcionais na colheita, bem como menor porcentagem de frutos com escurecimento de polpa quando armazenada por longos períodos em AC-ULO. Além disso, a prática da poda verde reduz a concentração de compostos importantes do perfil aromático.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* Borkh, antioxidantes, cor vermelha, compostos aromáticos, escurecimento de polpa.

## 4.2 INTRODUÇÃO

A qualidade da fruta é determinada durante o seu desenvolvimento, quando ainda está ligada a planta, e é influenciada pelas condições ambientais do cultivo (LIU; ZHANG; ZHAO, 2013). Nesse sentido, a exposição dos frutos a luz solar é um fator muito importante e determinante para a qualidade dos frutos.

A síntese de antocianinas e flavonóis na casca de maçãs é promovida pela exposição à luz solar, através da regulação da expressão dos genes responsáveis pela sua biossíntese (FENG *et al.*, 2014a). Além disso, a exposição dos frutos à luz é importante e tem influência sobre a cor da casca dos frutos (JING *et al.*, 2020). Resultados de estudos mostram que a exposição de maçãs à luminosidade é de extrema importância para a qualidade dos frutos e que o manejo do dossel deve ser realizado para garantir melhor exposição à luz e maior amplitude térmica (FENG *et al.*, 2014b).

Uma das práticas comumente realizada em plantas frutíferas é a poda, e existem diversos tipos de podas, com finalidades distintas, no geral a poda influencia o crescimento, absorção de água e nutrientes da planta, no geral (FILHO; MEDINA; SILVA, 2011). A poda verde, ou poda de verão como também é conhecida, é um manejo para controlar o tamanho do dossel das plantas e melhorar a disponibilidade de luz, buscando maior desenvolvimento da cor vermelha dos frutos, sem que haja rebrota após a poda, além da menor incidência de doenças, pela redução nos níveis de humidade e duração do período de molhamento (ASHRAF; ASHRAF, 2014). É através da modificação fisiológica das plantas e da alteração do ambiente do dossel, principalmente pela maior interceptação solar, que a poda verde em macieiras tem como uma das principais finalidades a melhoria da qualidade dos frutos produzidos (COOLEY; AUTIO, 2011).

Manejar o crescimento vegetativo de macieiras pela poda de verão e de inverno é uma prática extremamente importante para que se possa manter uma boa produtividade e também otimizar a qualidade dos frutos produzidos (CLINE *et al.*, 2008). Macieiras da cultivar ‘Reinette du Canada’ podadas no verão produzem frutos com coloração de casca mais verdes, com menor conteúdo de sólidos solúveis e acidez titulável, na colheita e também durante o armazenamento refrigerado (AR), além de influenciarem no conteúdo mineral dos frutos (GUERRA; CASQUERO, 2010).

Por mais que a poda verde melhore a aeração e a radiação no interior do dossel das plantas, é necessário ter alguns cuidados, pois se ela for realizada de maneira incorreta pode



comprometer a produção de fotoassimilados pela planta por meio da excessiva remoção das folhas, e alterar o crescimento entre a parte aérea/raiz (DOTTO *et al.*, 2017). Ainda, segundo os mesmos autores, é importante definir a melhor forma de realizar esse manejo e o momento em que ele deve ser realizado, afim de se obter frutos de qualidade. Na região Sul do Brasil os produtores, em geral, costumam realizar esta prática, e na maioria das vezes fazem no mês de dezembro, afim de antecipar a poda e poder utilizar a mesma mão-de-obra para a colheita de maçãs ‘Gala’, a partir do mês de fevereiro. Além disso, muitos pomares da região de São Joaquim têm como copa o clone ‘Fuji standard’, uma cultivar com pouco desenvolvimento de cor (informação verbal)<sup>3</sup>. No entanto, é necessário verificar se essa época é realmente a ideal para a obtenção de frutos de maior qualidade, especialmente em relação a cor vermelha.

As maçãs que são expostas ao sol podem ter o metabolismo da casca alterado durante o armazenamento, gerando alterações no amadurecimento, na aparência e no desenvolvimento de distúrbios. Quando os frutos têm uma alta exposição à radiação solar apresentam maiores riscos de desenvolver distúrbios durante o armazenamento, especialmente aqueles relacionados ao sol, como a escaldadura e à expansão da mancha de lenticela na casca (MCTAVISH *et al.*, 2020). Portanto, embora a poda verde possa melhorar a qualidade dos frutos na colheita é imprescindível estudar a qualidade dos frutos após o armazenamento.

Os principais precursores dos voláteis responsáveis pelo aroma na maioria dos frutos são os ácidos graxos, as vias da  $\beta$ -oxidação e das lipoxigenases estão envolvidas nesse processo, que levam a formação de aldeídos, álcoois e ésteres (SANZ, OLÍAS, PÉREZ, 1997; DIXON, HEWETT, 2000; ECHEVERRÍA *et al.*, 2004). Portanto, uma hipótese a ser testada é de que a exposição dos frutos a maior radiação solar pode ter efeito sobre a cera da casca dos frutos e alterar o perfil de ácidos graxos, consequentemente alterando o perfil de compostos voláteis dos frutos.

Outra hipótese testada é a de que a época da poda verde pode influenciar a composição mineral dos frutos e consequentemente influenciar os distúrbios fisiológicos decorrentes do equilíbrio e composição nutricional, especialmente aqueles que surgem em maçãs após o armazenamento em AC-ULO.

São raros os estudos relacionados à influência da época em que a poda verde é realizada sobre a qualidade de maçãs na pós-colheita, especialmente sobre os compostos aromáticos. Com isso, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da época de realização da poda verde

---

<sup>3</sup> Informação obtida através da palestra da Dra. Mariuccia Schlichting de Martin proferida à produtores da região de São Joaquim, 2020.

sobre a qualidade de maçãs ‘Fuji’ na pós-colheita, incluindo após o armazenamento em AC-ULO.

### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento a campo foi conduzido em um pomar experimental localizado na estação experimental da EPAGRI, no município de São Joaquim-SC (49° 55' W; 28° 17' S; 1.360 m de altitude), com maçãs da cultivar ‘Fuji’ (‘Fuji Standard’), enxertadas sobre porta-enxerto ‘Marubakaido’ com filtro M9. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições na safra 2018/2019 e cinco repetições na safra 2019/2020, cada repetição composta por três plantas, as duas plantas laterais foram consideradas como bordadura. Os tratamentos avaliados foram diferentes épocas de realização da poda verde (dezembro, janeiro e fevereiro) e sem a realização de poda verde (controle). A poda das plantas foi realizada conforme a época designada em cada tratamento, na segunda semana do respectivo mês, através da retirada de ramos ladrões e aqueles mal posicionados, que sombreavam os frutos.

Na maturação comercial, todos os frutos da planta central de cada parcela foram colhidos e levados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do CAV/UEDESC para avaliação. Uma amostra de 30 e uma de 40 frutos foram constituídas, mantendo-se, nas amostras, a proporção de frutos em cada escala de cor vermelha, de acordo com a avaliação de ICV. A amostra de 30 frutos foi avaliada, na colheita, quanto aos seguintes atributos: porcentagem de frutos com mais de 50% de cor vermelha da epiderme, porcentagem de frutos com queimadura de sol, cor da epiderme (ângulo *hue*), firmeza de polpa, índice de iodo-amido, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, conteúdo mineral (N, K, Mg e Ca), compostos fenólicos totais (CFT), atividade antioxidante total (AAT; pelos métodos ABTS e DPPH), antocianinas totais e perfil de compostos voláteis.

A outra amostra, de 40 frutos, foi armazenada em AC-ULO (0,5 kPa de O<sub>2</sub> + <0,5 kPa de CO<sub>2</sub> a 1,5±0,2°C/UR de 92±2%) durante 8 meses. A instalação da atmosfera de armazenamento foi realizada após os frutos serem acondicionados e a minicâmara ser fechada. Inicialmente o oxigênio foi reduzido à 1,5 kPa, para isso foi realizada a injeção de nitrogênio puro (N<sub>2</sub>) oriundo de cilindros de alta pressão. Após quinze dias da instalação da AC, a pressão de oxigênio foi reduzida a 1,0 kPa e após mais quinze dias a pressão 0,5 kPa de O<sub>2</sub> foi atingida, permanecendo nessa condição por mais 7 meses, através da verificação e correção das concentrações dos gases diariamente. O monitoramento e correção das pressões parciais dos gases das minicâmaras foi realizado através de um analisador de gases eletrônico de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>,

marca Shelle<sup>®</sup>. O O<sub>2</sub> consumido pela respiração dos frutos, quando a pressão parcial estava abaixo do nível estabelecido, foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico. Para manter o CO<sub>2</sub> <0,5 kPa foram adicionados sachês com cal hidratada (50 g/kg de fruto) no interior da minicâmara.

Após 8 meses de armazenamento, na saída da câmara, os frutos foram avaliados quanto à incidência de podridões, cor de fundo da epiderme (ângulo hue) e perda de massa. Após mais 7 dias de exposição dos frutos em condições ambiente, os frutos foram avaliados quanto a cor de fundo da epiderme, firmeza de polpa, sólidos solúveis, acidez titulável, incidência de escurecimento de polpa e atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO).

Os frutos foram classificados de acordo com a porcentagem de cobertura da cor vermelha na epiderme dos frutos em quatro classes: 1) de 0-25% de cor vermelha; 2) de 26-50% de cor vermelha; 3) de 51-75% de cor vermelha; 4) de 76-100% de cor vermelha. O ICV foi calculado pela soma dos produtos do número de frutos da respectiva classe e pelo número da classe, dividido pelo total de frutos. Também foi contabilizado o número de frutos com mais de 50% de cobertura de cor vermelha na epiderme, ou seja, porcentagem de frutos que pertenciam às classes 3 e 4.

Para a quantificação de incidência de queimadura de sol, os frutos que apresentavam esse distúrbio, que é caracterizado pela presença da coloração bronze-amarela na superfície dos frutos, foram contabilizados e os resultados foram expressos em porcentagem de frutos com incidência de queimadura de sol.

A cor da epiderme (vermelha e a cor de fundo) foi avaliada com auxílio de um colorímetro (Konica Minolta, Tóquio, Japão) modelo CR 400, em termos de valores de ângulo 'hue' ( $h^\circ$ ). As leituras foram realizadas nas regiões de cor vermelha e de cor de fundo dos frutos.

A firmeza de polpa foi quantificada com penetrômetro eletrônico com ponteira de 11 mm (Güss Manufacturing Ltd, Cidade do Cabo, África do Sul), em duas extremidades opostas dos frutos da porção equatorial, após a retirada de uma fina camada da epiderme, os resultados foram expressos em Newton (N).

O índice de iodo-amido foi avaliado através de um corte na região equatorial dos frutos seguida da aplicação de uma solução de Lugol contendo iodo (12g de iodo metálico e 24g de iodeto de potássio em 1L de água destilada), a cor resultante da reação do iodo com o amido foi comparada em uma escala de 1 a 5, onde 5 representa a máxima degradação do amido.

Para a determinação do conteúdo de AT e SS foram retiradas duas cunhas de lados opostos dos frutos e triturados em uma centrífuga elétrica, para extração do suco. Os valores de

acidez titulável AT foram obtidos através da titulação de NaOH (0,1 N), com um titulador automático, modelo TitroLine® easy (SCHOTT Instruments, Mainz, Alemanha), em uma solução contendo 5 mL do suco das frutas homogeneizada com 45 mL de água destilada, até pH 8,1. Os resultados foram expressos em % de ácido málico. O conteúdo de sólidos solúveis (SS) foi determinado com auxílio de um refratômetro digital (Atago®, modelo PR201α, Tóquio, Japão), utilizando uma alíquota de suco das frutas, os resultados foram expressos em °Brix. Com os valores de SS e AT foi calculada a relação SS/AT.

A amostragem para a determinação do conteúdo mineral e o perfil de voláteis foi realizada da seguinte maneira: foram retiradas duas cunhas em lados opostos de cada fruto, um do lado mais vermelho e outro do lado menos vermelho. A parte mais próxima ao carpelo foi descartada, o restante foi homogeneizado em um triturador vertical, modelo RI1364, marca Philips Walita, (Varginha, Brasil) e resfriado logo em seguida em ultrafreezer por 24 horas, posteriormente a amostra foi armazenada em freezer à -18 °C.

Os teores dos elementos minerais quantificados foram expressos em mg Kg<sup>-1</sup>, com base no peso fresco, através da adaptação da metodologia descrita por Amarante, Chaves, Ernani (2006). Para a quantificação dos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) foram pesadas 5,0 gramas de amostra, em cadinhos de porcelana, levados em seguida a mufla, onde permaneceram sob elevada temperatura (630 °C) por cinco horas. As amostras foram retiradas da mufla e a elas foram adicionadas 15 mL de ácido clorídrico 1,8 N (Química Moderna, Brasil), formando o extrato original.

Para a quantificação dos teores de Ca uma alíquota de 3 mL do extrato original foi homogeneizada com 3 mL de lantânio, o qual foi preparado diluindo 3,49 g de óxido de lantânio (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil) com 16,7 mL de ácido clorídrico concentrado (Química Moderna, Brasil), e completado o volume para 1 L com água destilada. Em seguida realizada a leitura. Para a determinação de Mg, 2 mL do extrato original foi diluído em 10 mL de água destilada. Em seguida, 5 mL da solução diluída foi homogeneizada com 5 mL de lantânio e realizada as leituras. Já para a quantificar os teores de K, uma alíquota de 3 mL do extrato original foi diluída em 20 mL de água destilada e realizada as leituras. Para ambos os minerais, as leituras foram realizadas no espectrofotômetro de absorção atômica.

Para a determinação de nitrogênio (N), 0,2 gramas de amostra fresca foram digeridas com 2,0 mL de ácido sulfúrico concentrado (Merck, Darmstadt, Alemanha) e 3,0 mL de água oxigenada a 350 °C. ao final da digestão, completou-se o volume das amostras para 50 mL com água destilada. A destilação e a titulação das amostras foram determinadas pelo método semimicro Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Após as

quantificações, calculou-se a relação dos seguintes minerais K/Ca, Mg/Ca e N/Ca.

Os compostos voláteis dos frutos foram isolados através da técnica de SPME. As análises foram realizadas em um sistema GC-MS (Perkin Elmer), que consiste em um cromatógrafo gasoso (modelo Clarus® 680 GC, Waltham, USA) acoplado a um espectrômetro de massas (modelo Clarus® SQ 85, Waltham, USA). Em um vial com capacidade de 40 mL, selado com tampa de rosca e septo de silicone revestido com PTFE (Agilent Technologies, Alemanha), adicionou-se 1 g de amostra dos frutos, 1 g de NaCl (Anidrol, Diadema, Brasil) em e 5 mL de água deionizada. A amostra foi então submetida a incubação de pré-extração (equilíbrio), sob agitação, durante 10 min à  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  e em seguida a fibra revestida com sorvente de divinilbenzeno/carboxeno/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) (1 cm de comprimento, 50/30  $\mu\text{m}$  de espessura, StableFlex™, Supelco, EUA) foi exposta a fase gasosa da amostra durante 25 minutos. Posteriormente a fibra foi exposta, por 10 min para dessorção a  $250^\circ\text{C}$ , no injetor do cromatógrafo.

A coluna capilar utilizada foi Elite-5MS 30 m x 0,25 mm d.i., com espessura de 0,25  $\mu\text{m}$  (Perkin Elmer) e o gás de arraste utilizado foi hélio com fluxo de  $1\text{ mL min}^{-1}$ . A temperatura inicial foi de  $30^\circ\text{C}$ , por 5 minutos, com uma rampa de aquecimento de  $2^\circ\text{C min}^{-1}$  até  $120^\circ\text{C}$ , onde permaneceu nesta temperatura por 3 minutos, totalizando 53 minutos de corrida. A identificação dos compostos foi baseada na biblioteca do cromatógrafo, que indicou a probabilidade de similaridade de cada composto com os dados contidos no software. A semiquantificação dos compostos identificados foi realizada com base na sequência de n-alkanos C7-C40 (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil), sendo a concentração de cada composto determinada com bases na área do n-alkano mais próximo (RUIZ-HERNANDEZ *et al.*, 2018).

Para as análises de antocianinas totais, CFT, AAT e atividade das enzimas SOD, POD e PPO, a casca e a polpa foram separadas. De cada fruto foi cortada uma fatia da região equatorial de 1 cm, a qual foi descascada e assim foi obtida a amostra de casca dos frutos. Desta fatia foram retiradas duas cunhas de lados opostos, as quais compuseram a amostra de polpa.

Para a determinação de antocianinas totais a metodologia utilizada foi adaptada da descrita por Fuleki e Francis (1968). Uma amostra de 2,5 g de casca foi homogeneizada em ultraturax com 15 mL do solvente extrator composto por etanol 95% (Anidrol, Diadema, Brasil) acidificado com HCL 1,5 M (Química Moderna, Brasil), na proporção de 85:15. Após a homogeneização, os extratos ficaram em repouso por 24 horas, à temperatura de  $4-5^\circ\text{C}$ , e posteriormente foram centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos ( $4^\circ\text{C}$ ) e filtrados. Uma amostra de 2 mL deste estrato foi transferida para balão volumétrico com capacidade de 25 mL e o volume foi completado com o solvente extrator. Na sequência foram realizadas as leituras

nos comprimentos de onda de 535 e 700 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente de cianidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra.

Para a obtenção dos extratos para a análise de CFT foram realizados os mesmos procedimentos que para AAT (Rufino *et al.*, 2007a). Inicialmente foram pesadas 2,5 g de casca e 5 g de polpa em um béquer com capacidade de 100 mL. Após a pesagem adicionou-se 10 mL de metanol 50% (Anidrol, Diadema, Brasil), homogeneizadas, e ficaram em repouso por 1 hora a temperatura ambiente. Passado este período as amostras foram centrifugadas á 15.000 rpm por 15 min, em uma centrífuga modelo CR22N, marca Hitachi (Ibaraki, Japão), e o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL. No resíduo que restou da primeira extração foram adicionadas 10 mL de acetona 70% (Anidrol, Diadema, Brasil), homogeneizadas e permaneceram em repouso por 1 hora em temperatura ambiente. O extrato foi novamente centrifugado a 15.000 rpm por 15 min. O sobrenadante desta última extração foi transferido para o mesmo balão que contém o primeiro sobrenadante. O volume do balão foi completado para 25 mL com água destilada, obtendo-se assim o extrato da amostra.

Para a análise de CFT através de espectrofotometria a metodologia foi adaptada da descrita por Roesler *et al.* (2007). Em tubos de ensaio foram adicionados 2,5 mL de Folin-Ciocalteau (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil) (diluído na proporção de 1:3 com água destilada) e 0,5 mL do extrato da amostra. Passados 3 min, foram adicionados 2,0 mL de carbonato de sódio 10% (Cinética, Jandira, Brasil). Os tubos foram agitados em vortex, modelo AV-2, marca Gehaka (São Paulo, Brasil) e incubados por 1 hora ao abrigo de luz. Após este período as amostras foram centrifugadas e a leitura foi realizada em uma leitora de microplacas, modelo EnSpire, marca PerkinElmer, (Waltham, USA), no comprimento de onda de 765 nm. A curva padrão feita com ácido gálico (BIOTEC, Pinhais, Brasil) nas concentrações de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 100 ppm, diluídos em metanol P. A. (Anidrol, Diadema, Brasil). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico por 100 g de amostra.

A AAT foi determinada pelo método ABTS e pelo método de DPPH. A metodologia para determinar a capacidade antioxidante foi baseada na absorção do radical ABTS, baseada na metodologia descrita por Rufino *et al.* (2007a), com algumas adaptações. 5 mL da solução de ABTS 7mM (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil) e 88 µL da solução de persulfato de potássio 140 mM (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil) foram homogeneizadas e armazenadas em vidro âmbar por 16 horas. Passado este período, 1mL dessa solução foi diluída em álcool etílico, até obtenção da absorbância igual a  $0,70 \text{ nm} \pm 0,05 \text{ nm}$  a 734 nm. Para a leitura das amostras, 3 mL do radical ABTS foram homogeneizados com 30 µL da amostra. Após 6 min da reação foram realizadas as leituras em 734 nm. Para a curva padrão, em tubos de ensaio foram preparadas soluções de

trolox (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil), que variaram de 100 a 2000  $\mu\text{M}$ . os resultados foram expressos em  $\mu\text{Mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ .

A metodologia para determinação a capacidade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60  $\mu\text{M}$ ) (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil), baseada na metodologia descrita por Rufino *et al.* (2007b), com algumas adaptações. Para a reação, uma alíquota do extrato de 0,1 mL foi transferida para um tubo de ensaio com 3,9 mL da solução de DPPH (0,06 mM em metanol) e homogeneizado. Após 30 minutos, a solução foi transferida para microplaca efetuada a leitura a 515 nm. Para a curva padrão, em tubos de ensaio foram pipetadas concentrações que variaram de 0 a 1000  $\mu\text{M}$  de trolox (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil), em triplicata. Os resultados foram expressos em ( $\mu\text{Mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ ).

A perda de massa foi obtida através da pesagem dos frutos antes do armazenamento e logo após a saída da câmara, os resultados foram expressos em % de perda de massa dos frutos. A incidência de podridões foi avaliada após a saída dos frutos da câmara mais sete dias de condições ambientes. Todos os frutos que apresentavam sintomas de podridões foram contabilizados e os resultados foram expressos em % de frutos podres em relação ao número total de frutos armazenados.

A incidência de escurecimento de polpa foi avaliada por meio de um corte transversal nos frutos, onde através de uma avaliação visual foram contabilizados os frutos que possuíam qualquer escurecimento de polpa. Os resultados foram determinados em proporção de frutos com escurecimento de polpa (%). O mesmo procedimento foi utilizado para determinar a incidência de frutos podres, os frutos que possuíam qualquer tipo de podridão foram identificados e contabilizados, resultando em proporção de frutos com podridão (%).

Para obtenção do extrato enzimático, utilizado para as análises da atividade de SOD, POD e PPO, foram homogeneizadas 500 mg de amostra dos frutos em ultra-turrax, modelo SilentCruscher M, marca Heidolph (Schwabach, Alemanha), com 5 mL do meio de extração, composto do tampão fosfato de potássio 0,100 M, pH 7,0 (Vetec, Duque de Caxias, Brasil), contendo 1 mM de polivinilpirrolidona insolúvel (PVP) (Vetec, Duque de Caxias, Brasil) e 1 mM de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) (Synth, Diadema, Brasil), por 1 minuto. Após a homogeneização adicionou-se 50  $\mu\text{L}$  de Triton a 10% (Vetec, Duque de Caxias, Brasil). As amostras foram então mantidas em repouso por 15 minutos na geladeira e em seguida foram centrifugadas (modelo CR22N, marca Hitachi, Ibaraki, Japão). a 4 graus por 15 minutos a 4000 rpm. O sobrenadante foi armazenado em eppendorfs a  $-50^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises.

A atividade da enzima SOD foi determinada de acordo com o método descrito por Giannopolitis e Reis (1977), com modificações. As reações foram realizadas em três tubos

distintos. No primeiro tubo, determinado como branco, uma alíquota de 50  $\mu\text{L}$  de extrato bruto da amostra de polpa e 25  $\mu\text{L}$  de extrato bruto de casca, foi adicionada à 2,95 mL e 2,975 mL, respectivamente, do meio de reação, composto pelo tampão de fosfato de potássio 50 mM (Synth, Diadema, Brasil) pH 7,8, metionina 13 mM (Vetec, Duque de Caxias, Brasil), Cloreto de tetrazólio-nitrozul (NBT) 75  $\mu\text{M}$  (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil), EDTA 100 nM (Vetec, Duque de Caxias, Brasil) e riboflavina 2 mM (Vetec, Duque de Caxias, Brasil), e permaneceram em reação cobertos por papel alumínio durante 10 minutos. O segundo tubo, chamado de controle, recebeu apenas a solução de trabalho, permanecendo pelo mesmo tempo de reação, porém recebendo luz. O terceiro tubo recebeu a solução de trabalho e a amostras, permanecendo por 10 minutos em reação sob luz. As leituras das amostras foram realizadas com auxílio de um leitor de microplacas modelo EnSpire (PerkinElmer, Waltham, USA) no comprimento de onda de 560 nm. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$ .

A quantificação da atividade da enzima POD foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Hammerschmidt, Nuckles, Kuc (1982), com modificações. Uma alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do extrato bruto de casca e 300  $\mu\text{L}$  para a polpa foi adicionada a 2,9 mL e 2,7 mL, respectivamente, do tampão de reação, composto de 5 mL do tampão de fosfato de potássio 50 mM, pH 6,0, (Vetec, Duque de Caxias, Brasil), 12,5  $\mu\text{L}$  de guaiacol puro (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil) e 16,3  $\mu\text{L}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  puro (Vetec, Duque de Caxias, Brasil). Com auxílio de um leitor de microplacas modelo EnSpire (PerkinElmer, USA), foi medida a absorbância das amostras durante 13 minutos, a cada 30 segundos, a 25 °C, em 470 nm. A atividade da enzima peroxidase foi determinada de acordo com a inclinação da reta no intervalo de 0 a 13 minutos. Os resultados serão expressos em  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$ .

A quantificação da atividade da enzima PPO foi determinada conforme a metodologia descrita por Kar e Mishra (1976), com modificações. As reações foram realizadas em três tubos, no primeiro tubo adicionou-se 0,3 mL de solução tampão de fosfato de potássio 0,2 M, pH 6,7 (Vetec, Duque de Caxias, Brasil) e 1,85 mL de solução de catecol 0,1 M (Vetec, Duque de Caxias, Brasil), dissolvido na solução tampão. No segundo tubo, chamado de branco de amostra, recebeu 0,3 mL da amostra de extrato bruto e 1,85 mL de água deionizada. Por fim, no terceiro tubo adicionou-se 0,3 mL de amostra e 1,85 mL de catecol 0,1 M (Vetec, Duque de Caxias, Brasil). As leituras foram realizadas em um leitor de microplacas (PerkinElmer, modelo EnSpire, USA) no comprimento de onda de 395 nm. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$ .



Foram avaliados dois ciclos produtivos, ano agrícola 2018/19 e 2019/20. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A poda verde quando realizada no mês de fevereiro, proporcionou maior percentual de frutos que, em uma produção comercial, seriam classificadas em categoria superior. Na colheita, o ICV foi maior no tratamento em que as plantas foram submetidas a poda no mês de fevereiro, na safra 2019/20, enquanto na safra anterior não se observou diferenças. A fração de maçãs com mais de 50% de cor vermelha foi maior quando a poda foi realizada no mês de fevereiro, em ambas as safras. Frutos com a coloração vermelha mais intensa foram colhidos em plantas submetidas a poda em janeiro e fevereiro no primeiro ano agrícola avaliado, no entanto, esse resultado não foi observado no segundo ano (Tabela 5). Estudos comprovam o efeito da poda verde na melhoria da coloração dos frutos. A poda verde em maçãs ‘Rubin’ proporcionou um efeito positivo na coloração dos frutos (USELIS *et al.*, 2020). Porém, como observado nesse presente estudo, é necessário realizar a poda verde na época correta, para obter bons resultados em termos de coloração de frutos, tendo em vista que se for realizado precocemente pode não ter nenhum efeito sobre essa variável tão importante para a qualidade dos frutos.

Tabela 5 Índice de cor vermelha (ICV), porcentagem de frutos com 50% da superfície recoberta por cor vermelha, intensidade de cor vermelha (ângulo *hue*), antocianinas totais (ANT; (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup>MF) na casca e porcentagem de frutos com queimadura solar, em maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função das épocas de poda verde.

Poda	ICV (1-4)	Frutos com mais de 50% cor vermelha (%)	Mais vermelho (h°)	ANT	Frutos com queimadura solar (%)
2018/19					
Sem poda verde	2,2 a*	38,8 b	58,6 b*	10,9 a	52,2 a
Poda em dezembro	2,2 a	39,0 b	61,5 a	9,4 a	41,1 b
Poda em janeiro	2,3 a	41,5 ab	48,6 c	8,1 a	36,5 b
Poda em fevereiro	2,4 a	49,4 a	48,3 c	11,1 a	37,4 b
CV (%)	5,3	7,6	3,2	25,3	5,2
2019/20					
Sem poda verde	2,6 b	54,5 b	49,9 a	15,8 a	5,7 b
Poda em dezembro	2,7 b	66,9 b	43,6 a	21,9 a	16,0 a
Poda em janeiro	2,6 b	60,0 b	45,6 a	15,0 a	6,3 b
Poda em fevereiro	3,1 a	83,3 a	43,3 a	15,3 a	17,7 a
CV (%)	9,5	25,2	11,3	27,4	28,9

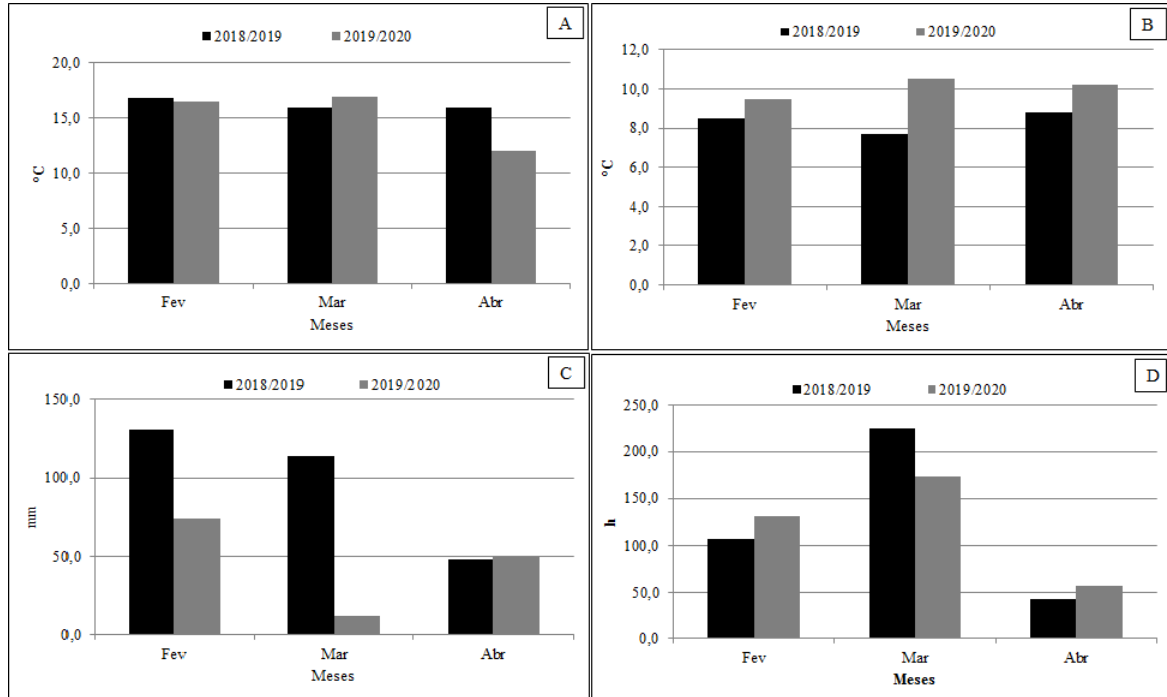
\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

O efeito da poda verde na coloração vermelha dos frutos ficou mais evidente no ano agrícola 2018/19 do que na safra 2019/20. As condições climáticas são de extrema importância para a coloração dos frutos, que podem ter sido mais propícias aos frutos ficarem coloridos no segundo ano agrícola avaliado, justificando o fato de não ter sido encontrado diferenças substanciais entre as podas. Na figura 2 é possível observar os dados referentes a temperatura média, amplitude térmica, precipitação e insolação durante o período de maturação dos frutos. Em ambos os anos agrícolas a colheita foi realizada em meados da metade do mês de abril (dados do mês de abril referem-se até a colheita). A temperatura média dos meses que antecederam a colheita e a insolação durante este período foi bem variável, no entanto, quando observamos os dados de precipitação e de amplitude térmica é possível identificar que houve menor precipitação e maior amplitude térmica na fase de maturação dos frutos no ano agrícola 2019/2020, favorecendo a coloração dos frutos. Fenili *et al.* (2019) também identificou que um dos fatores climáticos determinantes para a coloração vermelha satisfatória nos frutos de maçãs ‘Daiane’ e ‘Venice’, foi a maior amplitude térmica observada durante a maturação dos frutos.

Figura 2 Dados meteorológicos de temperatura média (A), amplitude térmica (B), precipitação (C) e insolação (D) da estação meteorológica de São Joaquim das safras 2018/2019 e 2019/2020 (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC-EPAGRI, 2020).



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

A exposição dos frutos à luz é importante para a coloração final dos frutos na colheita (JING *et al.*, 2020). A coloração vermelha da casca das maçãs deve-se ao acúmulo de antocianinas, as quais são de extrema importância para a qualidade da fruta, pois maçãs mais vermelhas possuem maior valor de mercado (HONDA; MORIYA, 2018). Ao regular a expressão de genes envolvidos na biossíntese de antocianinas, a luz promove a síntese desse pigmento (FENG *et al.*, 2014a). Todavia, o conteúdo de antocianinas totais da casca dos frutos não foi influenciado pelas épocas de poda verde em maçã ‘Fuji’, em ambas as safras avaliadas (Tabela 5). Por mais que tenham sido encontradas respostas na coloração dos frutos (Tabela 5), o conteúdo de antocianinas foi o mesmo em todos os tratamentos, esse resultado pode estar relacionado a outros fatores que são determinantes para a síntese desse composto nos frutos, os quais podem ter influenciado o resultado final, bem como pelo método de análise utilizado.

Embora não tenha sido avaliada a incidência luminosa, os frutos de plantas que foram podadas em fevereiro possivelmente receberam maior interceptação de luz no período em que há maior desenvolvimento da cor vermelha, tendo em vista que neste caso, a poda foi realizada, aproximadamente, um mês antes da colheita, no qual foram retirados ramos muito vigorosos e

aqueles que sombreavam os frutos. Em algumas situações a poda verde pode não favorecer a coloração dos frutos, uma vez que essa prática pode estimular as gemas a brotarem, prejudicando a entrada de luz no interior da copa (SCHUPP; FERREE, 1988; SAURE, 1990). Esse efeito pode explicar os resultados de cor vermelha dos frutos em plantas podadas no mês de dezembro e janeiro, mas principalmente em dezembro, onde não se observou nenhum efeito positivo na coloração dos frutos com a poda verde nessa época.

O percentual de frutos com incidência de queimadura de sol foi maior em plantas que não foram podadas na safra 2018/19 e em plantas que foram podadas em dezembro e fevereiro na safra 2019/20 (Tabela 5). Conhecida como um distúrbio fisiológico em maçãs, a queimadura de sol é causada por elevada intensidade de radiação solar que intercepta os frutos, e seus sintomas podem variar de manchas com coloração branca, passando por amarelo alaranjado, laranja a manchas marrom-escuras, com aspecto de queimado (RACSKO; SCHRADER, 2012). Considerando que a melhoria na cor vermelha dos frutos foi resultado da maior incidência solar, esperava-se que frutos de plantas podadas mais tardiamente poderiam ter maior incidência de queimadura de sol, porém isso ocorreu apenas na segunda safra avaliada. Pode-se observar pela coloração dos frutos, que, na segunda safra, a coloração foi melhor do que na primeira safra e mesmo assim o percentual de frutos com queimadura de sol não foi tão alto, quanto em 2018/19. Por isso, estudos mais aprofundados seriam importantes para explicar esses efeitos.

Na safra 2018/19, os frutos de plantas podadas em janeiro apresentaram coloração de fundo mais amarelada, do que frutos dos outros tratamentos (Tabela 6). Na safra 2019/2020, frutos de plantas podadas no mês de janeiro apresentaram maior índice de iodo-amido, indicando maior hidrólise de amido. A firmeza de polpa, SS, AT e a relação SS/AT não foram afetados pelas diferentes épocas de realização da poda verde, em ambas as safras estudadas. Estudos demonstram que conteúdo de SS é maior e o conteúdo de AT menor em pêssegos de plantas podadas no verão, em relação a frutos de plantas podadas no inverno (HOSSAIN *et al.*, 2006). A poda verde em pessegueiro quando realizada muito próxima a colheita, aproximadamente quatro semanas, reduz o conteúdo de açúcares nos frutos em comparação com plantas não podadas, portanto esse manejo não deve ser realizado muito próximo a colheita, pois interfere negativamente na qualidade dos frutos (DOTTO *et al.*, 2017). Jung e Choi (2010) observaram que além da cor da casca e do conteúdo de SS de maçãs 'Fuji', a firmeza de polpa apresentou correlação com a penetração de luz no dossel.

As divergências entre os resultados encontrados na literatura em relação aqueles do presente estudo, podem ser explicados pois segundo Jing *et al.* (2020), as respostas quanto ao conteúdo de açúcares e ácidos orgânicos em maçãs podem ser diferentes e dependem de alguns

fatores, como intensidade e qualidade de luz, temperatura e cultivar.

Tabela 6 Cor de fundo, firmeza, índice de iodo-amido, sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) de maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de poda verde.

Poda	Cor de fundo ( $h^{\circ}$ )	Firmeza (N)	Iodo-amido (1-5)	SS (°Brix)	AT (% ácido málico)	SS/AT
2018/2019						
Sem poda verde	107,1 a*	75,4 a	4,4 a	11,5 a	0,39 a	29,5 a
Poda em dezembro	108,1 a	77,4 a	4,6 a	11,6 a	0,36 a	32,0 a
Poda em janeiro	105,6 b	76,6 a	4,6 a	11,6 a	0,38 a	30,9 a
Poda em fevereiro	106,9 a	77,9 a	4,5 a	11,7 a	0,38 a	31,0 a
CV (%)	0,7	2,2	2,9	4,2	7,5	6,7
2019/2020						
Sem poda verde	107,3 a	79,9 a	4,0 ab	14,5 a	0,41 a	35,7 a
Poda em dezembro	106,6 a	77,6 a	4,0 ab	14,5 a	0,40 a	37,0 a
Poda em janeiro	107,2 a	77,4 a	4,3 a	14,0 a	0,40 a	35,3 a
Poda em fevereiro	107,4 a	79,2 a	3,8 b	14,3 a	0,39 a	36,3 a
CV (%)	1,3	2,3	5,4	2,9	6,3	7,0

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

O conteúdo de CFT na casca e na polpa das maçãs, na safra 2018/2019, foi maior em frutos de plantas podadas no mês de fevereiro e em plantas que não foram podadas. A poda verde em janeiro reduziu o teor de CFT da casca dos frutos, na safra 2019/2020, e a poda em fevereiro proporcionou maior conteúdo de CFT na polpa dos frutos (Tabela 7).

Boas condições de luz são de extrema importância para produzir maçãs com compostos que promovem a saúde humana (DROGOUDI e PANTELIDIS, 2011). À síntese destes compostos fenólicos nos frutos é intensificada pela exposição dos mesmos a luz durante o crescimento (DI STEFANO *et al.*, 2020). O conteúdo de CFT na casca de maçãs provavelmente são respostas diretas à disponibilidade de luz (FENG *et al.*, 2014b). Isso pode explicar os maiores valores de CFT, no geral, encontrados em frutos de plantas podadas no mês de fevereiro, tendo em vista que possivelmente estes frutos receberam maior interceptação de radiação solar. Além disso, Sun *et al.* (2014) observaram que a síntese da maioria dos

compostos fenólicos presentes na casca de maçãs tende a ser inibida em frutos ensacados. Todavia, quando esses frutos foram reexpostos a luz ocorreu maior acúmulo destes compostos, pois o ensacamento de frutos a longo prazo tende a aumentar a sensibilidade das frutas à radiação solar. Esse estímulo ao acúmulo de compostos fenólicos pode ter ocorrido nos frutos de plantas podadas em fevereiro, tendo em vista que possivelmente passaram boa parte do desenvolvimento com menor incidência luminosa e que após a poda foram expostos a melhores condições de luz.

Tabela 7 Compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g<sup>-1</sup> MF) e atividade antioxidante total pelos métodos DPPH e ABTS ( μMol Trolox 100 g<sup>-1</sup> MF) na casca e na polpa de maçãs ‘Fuji’, na colheita, em função da época de poda verde.

Poda	Casca			Polpa		
	CFT	DPPH	ABTS	CFT	DPPH	ABTS
2018/2019						
Sem poda verde	168 ab*	1343 b	1518 a	20,2 a	155,3 a	123,4 b
Poda em dezembro	160 b	1290 b	1362 a	17,6 bc	133,9 b	110,8 b
Poda em janeiro	118 c	1277 b	1166 b	15,9 c	156,6 a	115,5 b
Poda em fevereiro	178 a	1773 a	1435 a	19,0 ab	167,3 a	157,6 a
CV (%)	7,4	8,4	8,0	6,7	7,9	14,9
2019/2020						
Sem poda verde	462 a	2748 a	2874 b	30,1 bc	129,7 ab	275,1 b
Poda em dezembro	500 a	2105 ab	4040 a	34,2 ab	96,8 c	299,6 b
Poda em janeiro	444 b	1131 c	2578 b	29,6 c	104,1 bc	304,5 ab
Poda em fevereiro	495 a	1969 b	3854 a	36,7 a	135,7 a	333,1 a
CV (%)	4,5	25,8	9,3	9,7	16,3	7,3

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD (p < 0,05).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

A AAT pelo método DPPH na casca, na safra 2018/2019, foi maior em frutos de plantas podadas no mês de fevereiro, enquanto que na polpa a menor AAT por este método foi encontrada nos frutos provenientes de plantas podadas em dezembro (Tabela 7). Resultados semelhantes foram obtidos, para a polpa, na safra 2019/2020, onde a poda em dezembro

proporcionou menor atividade antioxidante e a poda em fevereiro maior AAT, pelo método DPPH. Quanto ao método ABST, a menor AAT na casca, na safra 2018/2019, foi em frutos da poda em janeiro, e na polpa a maior AAT foi proporcionada pela poda em fevereiro. Na safra 2019/2020, a poda em dezembro e fevereiro proporcionaram maior AAT na casca dos frutos, enquanto que na polpa os maiores valores de AAT foram observados em frutos de plantas submetidas à poda verde em janeiro e fevereiro (Tabela 7). No geral, a poda em fevereiro proporcionou maior AAT nos frutos. Os compostos fenólicos são considerados antioxidantes naturais, esses fitoquímicos estão presentes em grandes quantidades em frutos (HAMINIUK *et al.*, 2012) e a produção destes compostos pode ser influenciado pelas condições luminosas disponíveis durante o desenvolvimento de maçãs (SUN *et al.*, 2014). Em morangos, Cervantes *et al.* (2019) observaram que quanto mais os frutos estavam expostos a luz, maior era a capacidade e o conteúdo de antioxidante dos frutos. Isso pode explicar a maior AAT ter sido, no geral, em frutos de plantas podadas em fevereiro, justamente onde no geral também se obteve maior conteúdo de CFT.

Nenhum efeito da época de poda verde sobre o conteúdo mineral dos frutos foi observado no primeiro ano agrícola avaliado, no entanto, no ano agrícola 2019/2020 o conteúdo de nitrogênio dos frutos de plantas podadas em fevereiro foi menor que o conteúdo nos frutos dos demais tratamentos, bem como a relação N/Ca (Tabela 8). A relação de N/Ca quando em níveis altos pode ser prejudicial a qualidade dos frutos, tanto na colheita como em pós-colheita. Frutos com valores altos dessa relação podem ter menor firmeza de polpa, resultado do efeito do N no tamanho dos frutos, induzindo a produção de frutos maiores o que leva a diluição dos teores de Ca, aumentando a suscetibilidade à ocorrência de doenças e também de distúrbios que estão relacionados a deficiência de Ca (STÜP *et al.*, 2013). Não se observou efeito na firmeza de polpa quanto à época da poda verde, porém os frutos de plantas podadas em fevereiro possivelmente têm menor probabilidade de apresentar esses problemas tanto na colheita como na pós-colheita, apesar de esses resultados terem sido identificados em apenas um ano. No entanto, Amarante *et al.* (2012) observaram que a relação N/Ca varia em função da cultivar, da região e da safra. Isso pode explicar as diferenças, da relação entre estes minerais, nos anos agrícolas estudados.

Tabela 8 Conteúdo mineral ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) e relações minerais em maçãs ‘Fuji’ em função da época de poda verde.

Poda	N	Mg	K	Ca	N/Ca	K/Ca	K+Mg/ Ca
	2018/2019						
Sem poda verde	310 a*	42,1 a	1773 a	44,6 a	7,0 a	51,4 a	52,4 a
Poda em dezembro	354 a	38,8 a	1739 a	46,2 a	7,7 a	37,7 a	38,6 a
Poda em janeiro	295 a	40,5 a	1768 a	44,7 a	6,6 a	39,9 a	40,9 a
Poda em fevereiro	346 a	39,3 a	1759 a	44,3 a	7,9 a	40,0 a	40,9 a
CV (%)	10,8	23,9	4,9	5,2	12,9	10,7	10,5
2019/2020							
Sem poda verde	311 a	46,8 a	1688 a	37,3 a	8,3 ab	45,4 a	46,6 a
Poda em dezembro	303 a	41,2 a	1738 a	37,7 a	8,0 b	46,3 a	47,4 a
Poda em janeiro	342 a	45,3 a	1822 a	36,3 a	9,5 a	50,2 a	51,5 a
Poda em fevereiro	199 b	41,6 a	1752 a	37,0 a	5,4 c	47,6 a	48,8 a
CV (%)	13,2	11,1	5,9	6,5	12,7	8,9	8,7

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Na planta, o Ca é imóvel no floema, ao contrário do Mg, N e K, dessa forma ele é translocado através do xilema (MIQUELOTO *et al.*, 2014). A redução de funcionalidade do xilema é um fator importante que leva à redução da concentração de Ca dos frutos, em algumas cultivares de maçãs (DRAŽETA *et al.*, 2004; MIQUELOTO *et al.*, 2014). Isso pode explicar o porque não foi observado diferenças no conteúdo de cálcio nos frutos, já que os tratamentos foram aplicados após o xilema perder sua funcionalidade. Todavia, o N pode ser remobilizado de folhas para os frutos através do floema, cuja funcionalidade do floema não é perdida durante o crescimento dos frutos (MARTIN *et al.*, 2017). Com a retirada dos ramos na poda em fevereiro, pode ter ocorrido menor transporte de N para os frutos em plantas podadas nesta época, o que possivelmente ocasionou a redução da relação N/Ca nos frutos deste tratamento.

Quanto ao perfil de compostos voláteis, no ano agrícola 2018/2019, foram identificados e quantificados 23 compostos, dentre eles, a maioria ésteres (Tabela 9). Dentre os álcoois identificados, o Hexanol foi o mais proeminente. Três, dos cinco álcoois identificados, no geral



estavam presentes em maiores concentrações nos frutos de plantas podadas no mês de fevereiro, são eles: 2-methyl-1-butanol, cis-3-Hexen-1-ol e trans-2-Hexen-1-ol.

Tabela 9 Perfil de compostos voláteis ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) em maçãs ‘Fuji’, na colheita, submetidas a diferentes épocas de poda verde, ano agrícola 2018/2019.

Continua

Nº	Composto	Poda verde			CV	Descritor de aroma <sup>a</sup>	
		Sem poda	Dezembro	Janeiro			Fevereiro
<b>Álcoois</b>							
1	Butanol	90,2 a*	77,1 a	95,5 a	99,3 a	21,00	Medicamentos, vinho, fruta
2	2-methyl-1-butanol	280,6 c	318,4 bc	366,5 ab	401,4 a	11,1	Malte, vinho, cebola
3	Cis- 3-Hexen-1-ol	414,9 ab	518,3 a	184,9 b	538,1 a	34,8	Gramma
4	Trans-2-Hexen-1-ol	828,6 b	712,3 c	700,9 c	1034,9 a	8,4	Verde, folha, noz
5	Hexanol	2057,6 a	1667,6 a	1639,0 a	1969,4 a	15,6	Flor, verde
<b>Ésteres</b>							
6	Etanoato de butila	590,0 b	573, 6 b	773,0 a	596,4 b	12,1	Pêra
7	Acetato de 2-metilbutila	2621,9 a	2525,2 a	2785,2 a	2478,9 a	17,3	Fruta
8	Propanoato de butila	69,2 a	89,5 a	131,2 a	60,9 a	39,3	Maçã
9	Acetato de amila	54,8 a	60,4 a	56,6 a	40,6 b	15,7	Banana
10	Butirato de isobutila	21,5 b	0,0 c	47,9 a	0,0 c	17,9	
11	Butanoato de butila	44,3 b	37,7 b	67,6 a	49,9 b	19,3	
12	Acetato de Hexila	280,0 a	275,3 a	200,3 b	145,1 c	14,2	Fruta, erva
13	2-metilbutanoato de butila	62,8 b	54,7 b	126,3 a	40,9 b	24,5	
14	2-metilbutil 2-metilbutirato	8,1 a	2,4 b	9,6 a	0,0 b	38,9	
15	Hexanoato de butila	0,0 a	0,0 a	8,8 a	0,0 a	50,6	Fruta
16	Cis-3-Hexen-1-ol acetato	224,5 a	266,1 a	106,1 b	125,0 b	24,2	
17	Cis-2-Hexen-1-ol acetato	39,6 ab	59,0 a	28,1 b	23,6 b	38,6	
18	Butirato de propila	0,0 b	0,0 b	47,1 a	43,8 a	25,5	Abacaxi, solvente

<sup>a</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2004. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: Agosto de. 2020.

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Tabela 9 Perfil de compostos voláteis ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) em maçãs ‘Fuji’, na colheita, submetidas a diferentes épocas de poda verde, ano agrícola 2018/2019.

Nº	Composto	Poda verde				CV	Conclusão Descritor de aroma <sup>a</sup>
		Sem Poda	Dezembro	Janeiro	Fevereiro		
19	2-metilbutirato de hexila	17,3 ab	14,4 ab	26,7 a	10,1 b	50,7	
20	Acetato de propila	0,0 b	0,0 b	59,6 a	0,0 b	35,3	
21	Acetato de isobutila	46,4 a	41,3 ab	37,8 b	42,2 ab	8,8	Fruta, maçã, banana
<b>Aldeídos</b>							
22	Hexanal	2706,9 a	2689,7 a	2735,0 a	3246,7 a	14,8	Gramma, sebo, gordura
23	Trans-2-Hexenal	2750,9 c	3887,3 b	4231,2 b	5327,2 a	13,6	Verde, folha

<sup>a</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2004. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: Agosto de. 2020.

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

O acetato de 2-metilbutila foi o éster mais proeminente, porém a sua concentração não variou de acordo com a época de poda verde. Os ésteres etanoato de butila, butirato de isobutila, butanoato de butila, 2-metilbutanoato de butila, 2-metilbutil 2-metilbutirato, butirato de propila, 2-metilbutirato de hexila e acetato de propila, no geral, foram encontrados em maiores quantidades em frutos de plantas podadas no mês de janeiro. No entanto, a poda em fevereiro parece ter reduzido a concentração da maioria dos ésteres nos frutos. Dos dois aldeídos identificados no perfil aromático, o mais abundante é o trans-2-hexenal, quanto mais tardia a poda verde foi realizada, maior a concentração deste composto nos frutos.

No ano agrícola 2019/20 foram detectados e quantificados 27 compostos aromáticos no perfil de voláteis, a maioria deles eram ésteres, além de estarem em maior concentração que os álcoois e os aldeídos (Tabela 10). As concentrações dos compostos neste segundo ano agrícola foram bem inferiores as concentrações identificadas no primeiro ciclo. Dos seis álcoois identificados, o hexanol era o mais proeminente, mas somente os componentes cis-3-Hexen-1-ol, o trans-2-Hexen-1-ol e o 2-ethylhexanol foram influenciados pela época de poda, que no geral, estavam em maiores concentrações em frutos de plantas podadas em dezembro. Dentre os ésteres, o acetato de 2-metilbutila foi detectado em maiores concentrações nos frutos, este composto, assim como o propanoato de butila, o butirato de isobutila, o butirato de 2-metilbutila, o propanoato de hexila e o propanoato de 2-metilbutila foram encontrados em menores concentrações em frutos de plantas podadas em dezembro. No entanto, os ésteres cis-

3-hexen-1-ol acetato e trans-2-hexen-1-ol acetato foram detectados em menores concentrações em frutos de plantas podadas em janeiro. Os aldeídos encontrados foram os mesmos do ano agrícola anterior e em uma proporção semelhante, porém, não foi observado efeito de tratamento sobre os voláteis desta classe.

Tabela 10 Perfil de compostos voláteis ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) em maçãs ‘Fuji’, na colheita, submetidas a diferentes épocas de poda verde, ano agrícola 2019/2020.

Nº	Composto	Poda verde				CV	Descritor de aroma <sup>a</sup>
		Sem Poda	Dezembro	Janeiro	Fevereiro		
<b>Álcoois</b>							
1	Butanol	7,7 a*	7,4 a	7,6 a	6,3 a	20,1	Medicamentos, vinho, fruta
2	2-methyl-1-butanol	34,0 a	32,7 a	44,5 a	38,6 a	23,6	Malte, vinho, cebola
3	Cis-3-Hexen-1-ol	9,4 a	7,6 ab	1,0 c	5,3 b	41,2	
4	Trans-2-Hexen-1-ol	36,1 b	49,6 a	41,2 ab	37,8 b	16,3	Verde, folha, noz
5	Hexanol	89,1 a	94,7 a	98,4 a	85,3 a	17,0	Flor, verde
6	2-Ethylhexanol	169,6 a	143,5 a	63,0 b	60,3 b	32,3	Rosa, verde
<b>Ésteres</b>							
7	Etanoato de butila	75,4 a	58,3 a	64,5 a	73,5 a	29,4	Pêra
8	Acetato de 2-metilbutila	834,1 a	475,3 c	671,3 b	785,3 a	9,2	Fruta
9	Propanoato de butila	19,8 ab	14,4 b	20,0 ab	25,3 a	23,3	Maçã
10	Acetato de amila	21,8 a	16,2 a	19,2 a	20,6 a	18,9	Banana
11	Butirato de isobutila	6,7 c	8,3c	19,3a	12,9b	12,0	
12	Butanoato de butila	21,8 a	14,7 a	17,9 a	19,9 a	42,3	
13	Acetato de Hexila	215,7 a	156,6 a	188,0 a	177,0 a	31,6	Fruta, erva
14	2-metilbutanoato de butila	59,1 a	41,6 a	45,1 a	49,3 a	36,6	
15	Butirato de 2-metilbutila	2,5 a	1,7 b	2,6 a	2,2 a	15,6	
16	Hexanoato de propila	0,0 a	0,0 a	0,7 a	0,6a	13,5	Fruta
17	2-metilbutil 2-metilbutirato	5,6 ab	3,9 b	6,7 a	4,9 b	22,8	
18	Propanoato de hexila	3,0 a	1,8 b	2,3 ab	2,6 a	22,8	
19	2-metilbutirato de pentila	0,8 a	0,2 a	0,7 a	0,0 a	12,8	
20	Hexanoato de butila	5,0 a	4,6 a	5,3 a	5,1 a	32,5	Fruta

<sup>a</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2004. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: Agosto de. 2020.

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Continua

Tabela 10 -Perfil de compostos voláteis ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) em maçãs ‘Fuji’, na colheita, submetidas a diferentes épocas de poda verde, ano agrícola 2019/2020.

Nº	Composto	Poda verde				CV	Conclusão Descritor de aroma <sup>a</sup>
		Sem Poda	Dezembro	Janeiro	Fevereiro		
21	Propanoato de 2-metilbutila	17,9 bc	14,1 c	21,0 b	27,8 a	21,7	
22	Cis-3-Hexen-1-ol acetato	49,6 a	43,4 a	23,1 b	39,6 a	21,3	
23	Cis-2-Hexen-1-ol acetato	101,8 ab	106,3 a	49,7 c	78,6 b	23,2	
24	Butirato de propila	2,5 b	0,0 b	9,3 a	2,9 b	62,5	Abacaxi, solvente
25	2-metilbutirato de hexila	12,7 a	8,8 a	12,0 a	15,5 a	34,2	
<b>Aldeídos</b>							
26	Hexanal	423,7 a	305,3 a	324,5 a	317,3 a	21,2	Gramma, sebo, gordura
27	Trans-2-Hexenal	406,8 a	456,4 a	582,0 a	477,7 a	35,8	Maça, verde, gordura, rançoso

<sup>a</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2004. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: Agosto de. 2020.

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Estudos que investigam o perfil de compostos aromáticos indicam que o estágio de maturação e condições de cultivo (LI *et al.*, 2013), local de cultivo (MPHAHLELE *et al.*, 2016) e cultivar (MEHINAGIC *et al.*, 2006) influenciam na composição e na concentração dos compostos que constituem o aroma de frutos. Além disso, nesse presente trabalho foi possível identificar que fatores relacionados à prática da poda verde e à época em que ela é realizada, influenciam o perfil aromático de maçãs ‘Fuji’.

Lara *et al.* (2006), quando estudaram o perfil aromático de maçãs ‘Fuji’, consideraram, através de avaliações de unidades de odor, que os ésteres butanoato de etila, 2-metilbutanoato de etila, acetato de 2-metilbutila, hexanoato de etila e acetato de hexila contribuem para o perfil de aroma dessa cultivar na colheita, sendo importantes para a qualidade dos frutos. Pode-se observar o acetato de 2-metilbutila e acetato de hexila foram detectados na análise de perfil aromático do presente estudo, além de terem sido uns dos compostos detectados em maiores concentrações. Sendo assim, o efeito da poda sobre esses dois compostos possivelmente terá efeito sobre o aroma do fruto. Foi possível observar que a época da poda verde influenciou a concentração destes compostos em pelo menos um dos anos agrícolas avaliados, e que no geral, frutos de plantas que foram podadas no verão, independente da época, tiveram a concentração

destes compostos reduzidas, em comparação a frutos de plantas que não foram podadas. É possível identificar que a poda verde modifica o perfil dos compostos aromáticos, porém são necessários estudos mais aprofundados para investigar de que forma isso acontece e qual o efeito sobre a qualidade sensorial dos frutos.

A perda de massa após o armazenamento das maçãs ‘Fuji’, em função da época de poda verde, foi menor em frutos de plantas podadas no mês de janeiro. No entanto, esse resultado foi observado apenas no primeiro ano agrícola (Tabela 11). A perda de massa dos frutos, durante o período de armazenamento, é um atributo que influencia muito na comercialização e sua intensidade é influenciada pelo estágio de maturação em que os frutos são colhidos. Maçãs colhidas no estágio ideal perdem menos massa do que maçãs colhidas muito cedo ou muito tarde (KVIKLIENE, KVIKLYS, VIŠKELIS, 2006). A perda excessiva de água durante o armazenamento a longo prazo de maçãs tem sido relatada como um grande problema, pois qualquer perda reduz a massa de colheita e em alguns casos pode até prejudicar a aparência dos frutos, causando o enrugamento dos frutos (perda de massa superior a 6%) (HATFIELD; KNEE, 1988). A perda de massa dos frutos após 8 meses de armazenamento não foi elevada em todos os tratamentos, portanto possivelmente a aparência dos frutos não foi prejudicada com a época de realização da poda verde em maçãs ‘Fuji’.

Tabela 11 Perda de massa, cor de fundo ( $h^{\circ}$ ) e podridões em maçãs “Fuji”, após o armazenamento em AC-ULO, em função da época de poda verde.

Poda	Saída da câmara			7 dias em temperatura ambiente
	Perda de massa (%)	$h^{\circ}$	Podridões (%)	$h^{\circ}$
2018/2019				
Sem poda verde	1,98 a*	107,5 a	32 a	105,4 a
Poda em dezembro	2,10 a	108,5 a	39 a	106,5 a
Poda em janeiro	1,39 b	107,9 a	30 a	106,4 a
Poda em fevereiro	2,08 a	108,0 a	32 a	106,6 a
CV (%)	4,5	0,6	14,7	0,8
2019/2020				
Sem poda verde	1,7 a	108,7 a	15,5 a	107,1 a
Poda em dezembro	1,6 a	108,2 a	18,5 a	106,6 a
Poda em janeiro	1,9 a	108,4 a	17,1 a	107,2 a
Poda em fevereiro	1,3 a	108,5 a	19,9 a	107,3 a
CV (%)	6,6	1,0	19,1	1,2

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Após o armazenamento, a coloração de fundo dos frutos, na saída da câmara e após 7 dias de exposição a condições ambiente, não teve influência da época da poda, em ambos os anos agrícolas avaliados (Tabela 11).

A época da poda verde em maçãs ‘Fuji’ não teve efeito sobre a porcentagem de frutos podres após 8 meses de armazenamento em AC-ULO (Tabela 11). Estudos demonstram que a perda de frutos por podridões durante o armazenamento está diretamente ligada à sanidade dos frutos e também às condições de armazenagem, para armazenamento por longos períodos. Quando os frutos são armazenados em ULO ocorrem menores perdas por podridões, tornando-se dessa maneira a melhor alternativa para reduzir perdas relacionadas a microrganismos patogênicos durante o armazenamento (BALLA *et al.*, 2008).

No geral a época da poda verde não teve efeito sobre a perda de massa e não apresentou efeito sobre a porcentagem de frutos podres após o armazenamento, no entanto, a poda verde quando é realizada no mês de fevereiro reduz a porcentagem de frutos com escurecimento de polpa (Tabela 12). Considerando estes efeitos da época da poda verde, quando ela é realizada em fevereiro os benefícios à qualidade dos frutos são maiores. Além do mais, poucos efeitos foram observados da época da poda verde em maçãs ‘Fuji’ em relação a qualidade físico-química dos frutos após o armazenamento em AC-ULO (Tabela 12). Apenas a conteúdo de sólidos solúveis no primeiro ano agrícola, foi influenciado pela época da poda verde, onde a poda em dezembro apresentou menor concentração de °Brix nos frutos.

A firmeza e o conteúdo de sólidos solúveis são atributos de importância para a qualidade dos frutos (LU, 2004). Portanto, o fato, de no geral estes atributos não terem sido afetados pela época da poda verde é um bom indicativo, pois teremos a melhor qualidade físico-química independente da época da poda.

Para o escurecimento de polpa foram observados resultados consistentes, nos dois anos agrícolas avaliados a poda verde em fevereiro resultou em um menor percentual de fruto com escurecimento de polpa (Tabela 12). O escurecimento de polpa é uma reação indesejável, por prejudicar sua aparência e também pelo desenvolvimento de sabor estranho (MURATA *et al.*, 1995). Um dos fatores que podem explicar o resultado é a menor relação N/Ca encontrado nos frutos de plantas podadas em fevereiro, no ano agrícola 2019/2020 (Tabela 8). Em peras ‘Rocha’, Martin *et al.* (2017) concluíram que o escurecimento de polpa está associado a menores concentrações de Ca, maiores concentrações de K, além de maiores relações N/Ca, Mg/Ca e K/Ca.

Tabela 12 Firmeza, sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e porcentagem de frutos com escurecimento de polpa, em maçãs “Fuji”, após o armazenamento em AC-ULO.

Poda	Firmeza (N)	SS (°Brix)	AT (% ácido málico)	SS/AT	Escurecimento de polpa (%)
2018/2019					
Sem poda verde	68,3 a*	12,6 a	0,26 a	47,9 a	21,0 a
Poda em dezembro	68,8 a	11,8 b	0,23 a	50,5 a	16,6 a
Poda em janeiro	69,0 a	12,2 ab	0,24 a	53,1 a	19,9 a
Poda em fevereiro	69,8 a	12,5 a	0,23 a	55,0 a	3,8 b
CV (%)	3,6	2,3	9,9	9,7	16,3
2019/2020					
Sem poda verde	76,5 a	14,8 a	0,24 a	62,5 a	12,1 a
Poda em dezembro	74,8 a	15,0 a	0,25 a	59,2 a	10,9 a
Poda em janeiro	73,2 a	14,4 a	0,25 a	56,4 a	15,9 a
Poda em fevereiro	76,1 a	15,1 a	0,25 a	61,7 a	1,7 b
CV (%)	2,5	7,0	8,8	11,1	18,9

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

A alta relação N/Ca pode aumentar a suscetibilidade de ocorrência de distúrbio relacionados a deficiência de cálcio em pós-colheita, justamente pelo fato do N induzir o aumento no tamanho dos frutos, diluindo a concentração de cálcio (STÜP et al., 2013). Como o cálcio desempenha papel fundamental para a manutenção da estrutura da parede celular de frutos (GAO *et al.*, 2019) a menor relação N/Ca pode levar a menor ocorrência de escurecimento de polpa. Portanto, possivelmente um dos fatores que contribuíram para menor escurecimento de polpa em frutos de plantas podadas em fevereiro é a menor relação N/Ca dos frutos, no entanto, outros fatores estão envolvidos, tendo em vista que no primeiro ano não houve efeito da época da poda verde na relação entre N/Ca dos frutos.

Não foram observados efeitos consistentes na relação entre a atividade das enzimas PPO, SOD e POD e a menor porcentagem de frutos com escurecimento de polpa observado nas plantas podadas em fevereiro (Tabela 13). No primeiro ano agrícola, não observou-se efeito da época da poda verde sobre a atividade da polifenoloxidase e nem da peroxidase na polpa dos frutos, no entanto, no segundo ano agrícola, a menor atividade da polifenoloxidase foi observada na polpa dos frutos de plantas podadas em fevereiro, e a poda em janeiro e em fevereiro provocaram a redução na atividade da peroxidase. Já a atividade da superóxido

dismutase foi maior na polpa de frutos de plantas que foram podadas em dezembro, no primeiro ano agrícola, e maior na polpa de frutos de plantas que não foram podadas no verão em 2019/2020.

Tabela 13 Atividade das enzimas Polifenoloxidase (PPO), superóxido dismutase (SOD) e peroxidase (POD) em  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$ , em polpa de maçãs ‘Fuji’, após o armazenamento em AC-ULO, em função da época de poda verde.

Poda	PPO	SOD	POD
2018/2019			
Sem poda verde	45,5 a	52,3 b	10,5 a
Poda em dezembro	50,0 a	62,7 a	12,4 a
Poda em janeiro	48,5 a	51,8 b	10,2 a
Poda em fevereiro	42,3 a	50,6 b	8,4 a
CV (%)	9,2	8,5	21,5
2019/2020			
Sem poda verde	69,8 a	61,1 a	5,9 a
Poda em dezembro	72,3 a	57,9 ab	5,8 a
Poda em janeiro	71,4 a	38,7 bc	4,0 b
Poda em fevereiro	39,9 b	26,6 c	2,9 b
CV (%)	27,0	38,7	21,5

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ).

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Acredita-se que geralmente o escurecimento de frutas e vegetais deve-se ao processo de oxidação dos compostos fenólicos, processo decorrente da perda de integridade da membrana, o que acaba expondo as enzimas, especialmente POD e PPO, e o substrato, levando ao escurecimento (LI *et al.*, 2018). No processo de escurecimento de polpa em maçã, a PPO tem papel importante, os polifenóis dos frutos são oxidados em suas quinonas correspondentes pela enzima, essas quinonas são então polimerizadas com outras quinonas e aminas formando pigmentos marrons (MURATA *et al.*, 1995). Assim como a PPO, a POD também está relacionada com o escurecimento de frutas e vegetais. Com a perda de integridade da membrana celular e com a destruição da compartimentalização celular, ocorre a liberação da POD nos cloroplastos e outras organelas celulares, dessa forma a POD atua oxidando compostos fenólicos, formando substâncias marrons (LI *et al.*, 2018). Lin *et al.* (2020) observaram que quando a taxa de atividade de enzimas antioxidantes, incluindo a SOD, são reduzidas, podem resultar no aumento da taxa de produção e acúmulo de ânion superóxido e de espécies reativas de oxigênio, resultando na peroxidação de lipídeos de membrana e ruptura dessa estrutura. Isso pode resultar no escurecimento dos frutos, como os resultados encontrados por Saba e Moradi



(2016), quando avaliaram escurecimento em cultivares de peras, observaram que o baixo nível de SOD contribuiu para o maior distúrbio de escurecimento interno dos frutos.

Menor atividade das enzimas POD e PPO na polpa dos frutos de plantas podadas em fevereiro, poderia explicar os resultados obtidos, no entanto, isso ocorreu apenas no segundo ano agrícola estudado. Além disso, uma maior atividade da SOD na polpa de frutos de plantas podadas em fevereiro poderia explicar os resultados obtidos no presente trabalho, porém isso não ocorreu. Possivelmente, outros mecanismos relacionados ao escurecimento de polpa estejam envolvidos e podem explicar os resultados obtidos. É o caso da cutícula cerosa, que pode limitar as trocas gasosas, dificultando a difusão dos gases na polpa dos frutos, resultando no acúmulo de CO<sub>2</sub> e níveis baixos de O<sub>2</sub>, ocasionando danos ao córtex em determinadas condições de armazenamento em AC (JOBILING, 2002). Uma hipótese seria de que a insolação dos frutos pode alterar a composição e a estrutura da cera, a estrutura da epiderme e a frequência de lenticelas, e tendo como consequência influência sobre a permeância da casca e atmosfera interna do fruto, ocasionando o distúrbio. Portanto, estudos mais aprofundados são importantes para concluir o efeito da época da poda verde no escurecimento de polpa de maçãs ‘Fuji’.

#### 4.5 CONCLUSÕES

Realizar a poda em fevereiro em maçãs ‘Fuji Standard’ cultivadas na região de São Joaquim, proporciona frutos com maior desenvolvimento de cor vermelha, e no geral com maior quantidade de compostos funcionais na colheita, bem como menor porcentagem de frutos com escurecimento de polpa, quando armazenada por longos períodos em AC-ULO. Além disso, a prática da poda verde reduz a concentração de compostos importantes do perfil aromático. A poda verde apresentou pouco efeito nos atributos físico-químicos de maturação, na colheita e após a armazenagem.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poda verde tem efeito consistente na coloração de maçãs ‘Fuji’ na colheita, no entanto, condições meteorológicas de cada ano agrícola também alteram a intensidade desse efeito nos frutos. Uma poda verde mais tardia, no geral, garante frutos com melhor coloração vermelha e com maior concentração de compostos bioativos dos frutos. Além disso, a época da poda verde tem efeito na relação mineral de N/Ca dos frutos, que posteriormente, tem um possível efeito no escurecimento de polpa dos frutos após o armazenamento em AC-ULO. No entanto, ainda é necessário investigar outros efeitos que influenciam os resultados encontrados em relação ao escurecimento de polpa.

O perfil de voláteis também é influenciado pela época em que a poda verde é realizada em maçãs ‘Fuji’, os voláteis mais importantes para o aroma dos frutos, no geral, são suprimidos com a realização dessa prática, independente da época em que é realizada.

Após o armazenamento refrigerado dos frutos, não se observa efeito da poda verde na qualidade dos frutos. No entanto, quando o armazenamento é feito em condições de AC-ULO, uma menor porcentagem de frutos com escurecimento interno de polpa é encontrado quando as plantas foram podadas em fevereiro.

Foi possível identificar efeitos consistentes na cor e qualidade funcional dos frutos na colheita, dependendo da época em que a poda é realizada. Quando ela é realizada de forma tardia, especialmente no mês de fevereiro, é possível garantir frutos de melhor qualidade funcional e mais coloridos.

## REFERÊNCIAS

- ABUJAH, C. I.; OGBONNA, A. C.; OSUJI, C. M. Functional components and medicinal properties of food: a review. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 2522-2529, 2015.
- ALBERTI, A. **Compostos fenólicos da maçã: extração, perfil e classes fenólicas, atividade antioxidante, processamento e avaliação termoanalítica**. 2014. Tese (Doutorado)- Programa de pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GOLÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, p.711-728, 2014.
- AMARANTE, C.V.T.; CHAVES, D.V.; ERNANI, P.R. Análise multivariada de atributos nutricionais associados ao "bitter pit" em maçãs 'Gala'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.841-846, 2006.
- AMARANTE, C. V. T. D.; ARGENTA, L. C.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji' produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 550-560, 2012.
- ANDRIS, H.; CRISOSTO, C. H. Reflective materials enhance 'Fuji' apple color. **California Agriculture**, v. 50, n. 5, p. 27-30, 1996.
- ARGENTA, L. C.; BENDER, R. J.; KREUZ, C. L.; MONARDO, M. Padrões de maturação e índices de colheita de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.10, p.1.259-1.266, 1995.
- ASHRAF, N.; ASHRAF, M. Summer pruning in fruit trees. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 2, p. 206-210, 2014.
- BAE, R.N.; KIM, K.W.; KIM, T.C.; LEE, S.K. Anatomical observations of anthocyanin rich cells in apple skins. **HortScience**, Alexandria, v.41, p.733-736, 2006.
- BALLA, B.; ABONYI, F.; DREN, G.; BARKASZI, I.; HOLB, I. Effect of three storage methods on fruit decay and brown rot of apple. **Cereal Research Communications**, v. 36, p. 799-802, 2008.
- BEZERRA, A. S.; NÖRNBERG, J. L.; LIMA, F. O.; ROSA, M. B. D.; CARVALHO, L. M. D. Parâmetros climáticos e variação de compostos fenólicos em cevada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1546-1552, 2013.
- BIAN, Z. H.; YANG, Q. C.; LIU, W. K. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Ruakura, v. 95, n. 5, p. 869-877, 2015.

- BOYER, J.; LIU, R. H. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, v. 3, n. 1, p. 5, 2004.
- BRIZZOLARA, S. MANGANARIS, G. A.; FOTOPOULOS, V.; WATKINS, C. B.; TONUTTI, P. Primary metabolism in fresh fruits during storage. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020.
- BHUSAL, N.; HAN, S.; YOON, T. Summer pruning and reflective film enhance fruit quality in excessively tall spindle apple trees. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 58, n. 6, p. 560-567, 2017.
- CAÑÓN, P. M.; GONZÁLEZ, Á. S.; ALCALDE, J. A.; BORDEU, E. Red wine phenolic composition: the effects of summer pruning and cluster thinning. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 41, n. 2, p. 235-248, 2014.
- CARDOSO, L.M.; LEITE, J.P.V.; PELUZIO, M.C.G. Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas**, v.40, p.116-138, 2011.
- CERVANTES, L.; ARIZA, M. T.; GOMEZ-MORA, J. A.; MIRANDA, L.; MEDINA, J. J.; SORIA, C.; MARTÍNEZ-FERRI, E. Light exposure affects fruit quality in different strawberry cultivars under field conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 252, p. 291-297, 2019.
- CEYMANN, M.; ARRIGONI, E.; SCHÄRER, H.; NISING, A.B.; HURRELL, R.F. Identification of apples rich in health-promoting flavan-3-ols and phenolic acids by measuring the polyphenol profile. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.26, p.128-135, 2012.
- CHANG, A. C.; YANG, T. Y.; RISKOWSKI, G. L. Ascorbic acid, nitrate, and nitrite concentration relationship to the 24 hour light/dark cycle for spinach grown in different conditions. **Food chemistry**, London, v. 138, n. 1, p. 382-388, 2013.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESALQ/FAEPE, 2005.
- CLINE, J.A.; EMBREE, C.G.; HEBB, J.; NICHOLS, D.S. Performance of prohexadione-calcium on shoot growth and fruit quality of apple—effect of spray surfactants. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 88, n. 1, p. 165-174, 2008.
- COKLAR, H., AKBULUT, M. Anthocyanins and phenolic compounds of *Mahonia aquifolium* berries and their contributions to antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v.35, p.166-174, 2017.
- CONDEZO-HOYOS, L.; MOHANTY, I. P.; NORATTO, G. D. Assessing non-digestible compounds in apple cultivars and their potential as modulators of obese faecal microbiota in vitro. **Food chemistry**, London, v. 161, p. 208-215, 2014.
- COOLEY, D. R.; AUTIO, W. R. Summer pruning of apple: impacts on disease management. **Advances in Horticultural Science**, v. 25, n. 3, p. 199-204, 2011.

- CORRÊA, T. R.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. D.; MIQUELOTO, A.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P. R. Multivariate analysis of mineral content associated with flesh browning disorder in 'Fuji' apples produced in Southern Brazil. **Bragantia**, v. 76, n. 2, p. 327-334, 2017.
- CORY, H.; PASSARELLI, S.; SZETO, J.; TAMEZ, M.; MATTEI, J. The role of polyphenols in human health and food systems: a mini-review. **Frontiers in Nutrition**, v.5, p.1-9, 2018.
- DAR, J. A.; WANI, A. A.; AHMED, M.; NAZIR, R.; ZARGAR, S. M.; JAVAID, K. Peel colour in apple (*Malus domestica* Borkh.): An economic quality parameter in fruit market. **Scientia horticulturae**, Amsterdam, v. 244, p. 50-60, 2019.
- DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; FIOVARANÇO, J. C.; DE OLIVEIRA, P. R. D. Variedades. In: FIOVARANÇO, J. C.; SANTOS, R. S. S (Ed.). **Maçã: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Bento Gonçalves, RS: EMBRAPA Uva e Vinho, 2013. cap. 4, p. 41-56, (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; BASSO, C.; BONETI, J. I. D. S.; KATSURAYAMA, Y. Desempenho agrônômico de porta-enxertos de macieira da série americana 'Geneva®' no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 104-111, 2015.
- DI STEFANO, V.; SCANDURRA, S.; PAGLIARO, A.; DI MARTINO, V.; MELILLI, M. G. Effect of Sunlight Exposure on Anthocyanin and Non-Anthocyanin Phenolic Levels in Pomegranate Juices by High Resolution Mass Spectrometry Approach. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1161, 2020.
- DIXON, J.; HEWETT, E. W. Factors affecting apple aroma/flavour volatile concentration: a review. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 28, n. 3, p. 155-173, 2000.
- DJORDJEVIĆ, B.; DEJAN, D.; GORDAN, Z. Effects of different times of summer pruning to productivity and fruits quality of apple cultivar Gala Brookfield. **Annals of the University of Craiova-Agriculture**, Montanology, Cadastre Series, v.49, p.26-31, 2019.
- DOTTO, M.; PIROLA, K.; WAGNER JUNIOR, A.; RADAELLI, J. C.; ANTUNES, L. E. C.; CITADIN, I. Physiological and sensorial aspects of peach fruits cv. Chimarrita depending on the season and management of green pruning. **Brazilian Journal of Agriculture**, v.92, n.3, p.261-270, 2017.
- DRAŽETA, L.; LANG, A.; HALL, A. J.; VOLZ, R. K.; JAMESON, P. E. Causes and effects of changes in xylem functionality in apple fruit. **Annals of Botany**, v. 93, n. 3, p. 275-282, 2004.
- DROGOUDI, P. D.; PANTELIDIS, G. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physicochemical and antioxidant properties in different apple cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.129, n.4, p.752-760, 2011.
- DUNG, N. T.; KIM, J. M.; KANG, S. C. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus*

(Roxb.) Merr and Perry buds. **Food and Chemical Toxicology**, n. 46, n. 12, p. 3632-3639, 2008.

ECHEVERRIA, G.; GRAELL, J.; LÓPEZ, M. L.; LARA, I. Volatile production, quality and aroma-related enzyme activities during maturation of 'Fuji' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, n. 3, p. 217-227, 2004.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo solo comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.541-545, 2001.

FENG, F.; LI, M.; MA, F.; CHENG, L. The effects of bagging and debagging on external fruit quality, metabolites, and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in 'Jonagold' apple (*Malus domestica* Borkh.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 165, p. 123-131, 2014a.

FENG, F.; LI, M.; MA, F.; CHENG, L. Effects of location within the tree canopy on carbohydrates, organic acids, amino acids and phenolic compounds in the fruit peel and flesh from three apple (*Malus domestica*) cultivars. **Horticulture research**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2014b.

FENILI, C. L.; PETRI, J. L.; STEFFENS, C. A.; MARTIN, M. S. D.; AMARANTE, C. V. T. D.; HEINZEN, A. S. Alternatives to increase the red color of the peel in 'Daiane' and 'Venice' apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, 2019.

FERREE, D. C.; SCHUPP, J. R. Pruning and Training Physiology. In: FERREE, D. C.; WARRINGTON, I. J. (Ed.). **Apples: botany, production, and uses**. CABI, p. 320-341, 2003.

FILHO, J. A. S.; MEDINA, R. B.; SILVA, S. R. **Poda de árvores frutíferas**. Piracicaba: USP/ESALQ/Casa do Produtor Rural, 54 p., 2011.

FIOVARANÇO, J. C.; LAZZAROTTO, J. J. A cultura da macieira no Brasil: reflexões sobre produção, mercado e fatores determinantes da competitividade futura. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 42, n. 4, 2012.

FRANCINI, A.; SEBASTIANI, L. Phenolic compounds in apple (*Malus domestica* Borkh.): compounds characterization and stability during postharvest and after processing. **Antioxidants**, v. 2, n. 3, p. 181-193, 2013.

FRANCK, C.; LAMMERTYN, J.; HO, Q. T.; VERBOVEN, P.; VERLINDEN, B.; NICOLAÏ, B. M. Browning disorders in pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 1-13, 2007.

Fuleki, T.; Francis, F. J. Quantitative methods for anthocyanins: 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, v. 33, p. 72-77, 1968.

GAO, Q.; XIONG, T.; LI, X.; CHEN, W.; ZHU, X. Calcium and calcium sensors in fruit development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 253, p. 412-421, 2019.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 59, n. 2, p. 309-314, Feb. 1977.

GIRARDI, C; BENDER, R. J. Colheita e pós-colheita. In: EMBRAPA Uva e Vinho. **Produção integrada de maçãs no Brasil**. Nov. 2003. Disponível em: <  
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/colheita.htm>>. Acesso em: 26 de novembro de 2020.

GUERRA, M.; CASQUERO, P. A. Summer pruning: an ecological alternative to postharvest calcium treatment to improve storability of high quality apple cv. 'Reinette du Canada'. **Food Science and Technology International**, v. 16, n. 4, p. 343-350, 2010.

HAMADZIRIPI, E.; MULLER, M.; THERON, K. I.; STEYN, W. J. Consumer preference for apple eating quality and taste in relation to canopy position. **Acta Horticulturae**, Wellington, v. 1058, p. 253-260, 2014.

HAMINIUK, C. W.; MACIEL, G. M.; PLATA-OVIEDO, M. S.; PERALTA, R. M. Phenolic compounds in fruits—an overview. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 10, p. 2023-2044, 2012.

HAMMERSCHMIDT, R; NUCKLES, E. M.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiological Plant Pathology**, v. 20, n.1, p.73–82, 1982.

HATFIELD, S. G. S.; KNEE, M. Effects of water loss on apples in storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 23, n. 6, p. 575-583, 1988.

HYSON, D. A. A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. **Advances in Nutrition**, v. 2, n. 5, p. 408-420, 2011.

HO, Q. T.; ROGGE, S.; VERBOVEN, P.; VERLINDEN, B. E.; NICOLAÏ, B. M. Stochastic modelling for virtual engineering of controlled atmosphere storage of fruit. **Journal of Food Engineering**, v. 176, p. 77-87, 2016

HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, G. R. Aspectos Botânicos. In: NACHTIGALL, G R. **Maçã produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. 2004.

HOLDERBAUM, D. F.; KON, T.; KUDO, T.; GUERRA, M. P. Enzymatic browning, polyphenol oxidase activity, and polyphenols in four apple cultivars: dynamics during fruit development. **HortScience**, v. 45, n. 8, p. 1150-1154, 2010.

HONDA, C.; MORIYA, S. Anthocyanin Biosynthesis in Apple Fruit. **The Horticulture Journal**, e-OKD-R01, p. 1-10, 2018.

HOSSAIN, A. B. M.; MIZUTANI, F.; ONGUSO, J. M.; EL-SHEREIF, A. R.; RUTTO, K. L. Effect of summer pruning on shoot growth and fruit quality in peach trees trained as slender spindle bush type. **Memoirs of the College of Agriculture Ehime University**, v. 51., p.9-13, 2006.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, Paulo Roberto. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 489-496, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

IGLESIAS, I.; ECHEVERRIA, G.; SORIA, Y. Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight 'Gala' apple strains. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 32-40, 2008.

IKINCI, A. Influence of pre- and postharvest summer pruning on the growth, yield, fruit quality, and carbohydrate content of early season peach cultivars. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

IKINCI, A.; KUDEN, A.; EROL AK, B. Effects of summer and dormant pruning time on the vegetative growth, yield, fruit quality and carbohydrate contents of two peach cultivars. **African Journal of Biotechnology**, v.13, p.84-90, 2014.

JAKOBEK, L.; GARCÍA-VILLALBA, R.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Polyphenolic characterization of old local apple varieties from Southeastern European region. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.31, p.199-211, 2013.

JAKOPIC, J.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. The influence of exposure to light on the phenolic content of 'Fuji' apple. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.123, p.234-239, 2009.

JING, C. FENG, D.; ZHAO, Z.; WU, X.; CHEN, X. Effect of environmental factors on skin pigmentation and taste in three apple cultivars. **Acta Physiologia e Plantarum**, v. 42, n. 5, 2020.

JOBLING, Jenny. Understanding Flesh Browning in Pink Lady™ apples. 4p., 2002.

JUNG, S.; CHOI, H. Light penetration, growth, and fruit productivity in 'Fuji' apple trees trained to four growing systems. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.125, p.672-678, 2010.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant physiology**, Oxford, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KVIKLIENE, N.; KVIKLYS, D.; VISKELIS, P. Changes in fruit quality during ripening and storage in the apple cultivar 'Auksis'. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 14, p. 195-202, 2006.

LARA, I; GRAELL, J.; LÓPEZ, M. L.; ECHEVERRÍA, G. Multivariate analysis of modifications in biosynthesis of volatile compounds after CA storage of 'Fuji' apples. **Postharvest biology and technology**, v. 39, n. 1, p. 19-28, 2006.



LARRAURI, J.A.; RUPEREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.1390-1393, 1997.

LI, K. **Physiological effects of summer pruning in apple trees**. Ithaca, New York, Dissertação, USA: Cornell University, 2001.

LI, G.; JIA, H.; WU, R.; TENG, Y. Changes in volatile organic compound composition during the ripening of ‘Nanguoli’ pears (*Pyrus ussuriensis* Maxim) harvested at different growing locations. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 88, n. 5, p. 563-570, 2013.

LI, X.; ZHONG, Y.; PANG, X.; YUAN, Y.; LIU, Y.; ZHANG, Z. Trypsin and ascorbic acid have a synergistic effect on the quality of apple processing by protecting apple cells from oxidative damage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. e12582, 2018.

LIN, Y., LIN, H., FAN, Z., WANG, H., LIN, M., CHEN, Y., HUNG, C.; LIN, Y. Inhibitory effect of propyl gallate on pulp breakdown of longan fruit and its relationship with ROS metabolism. **Postharvest Biology and Technology**, v. 168, p. 111272, 2020.

LIN-WANG, K.; MICHELETTI, D.; PALMER, J.; VOLZ, R.; LOZANO, L.; ESPLEY, R.; HELLENS, R.P.; CHAGNE, D.; ROWAN, D.D.; TROGGIO, M.; IGLESIAS, I.; ALLAN, A.C. High temperature reduces apple fruit colour via modulation of the anthocyanin regulatory complex. **Plant Cell Environment**, v. 34, p. 1176-1190, 2011.

LIU, Y.; ZHANG, X.; ZHAO, Z. Effects of fruit bagging on anthocyanins, sugars, organic acids, and color properties of ‘Granny Smith’ and ‘Golden Delicious’ during fruit maturation. **European Food Research and Technology**, v. 236, n. 2, p. 329-339, 2013.

LU, R. Multispectral imaging for predicting firmness and soluble solids content of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, n. 2, p. 147-157, 2004.

MARTIN, M. S. D.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. D.; RODRIGUES, M. F.; HEINZEN, A. S.; BRACKMANN, A. Escurecimento da polpa em pera ‘Rocha’ influenciado pela composição mineral do fruto e condições de atmosfera controlada. **Bragantia**, v. 76, n. 2, p. 318-326, 2017.

MAUGHAN, T.; BLACK, B.; ROPER, T. Training and pruning apple trees. **Horticulture**, 6 p., 2017.

MC TAVISH, C. K. *et al.* A convergence of sunlight and cold chain: The influence of sun exposure on postharvest apple peel metabolism. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 164, p. 111164, 2020.

MEHINAGIC, E.; ROYER, G.; SYMONEAUX, R.; JOURJON, F.; PROST, C. Characterization of odor-active volatiles in apples: influence of cultivars and maturity stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 2678-2687, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa 5/2006**. 2006. Disponível em: <

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=805793610>>. Acesso em: 17 de novembro de 2020.

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

MOON, K. M.; KWON, E. B.; LEE, B.; KIM, C. Y. Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. **Molecules**, v. 25, n. 12, p. 2754, 2020.

MOURA, G. C. D.; VIZZOTTO, M.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L. E. C. Production, physical-chemical quality and bioactive compounds of misty blueberry fruit under different pruning intensities. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. spe, 2017.

MPHAHLELE, R. R. CALEB, O. J.; FAWOLE, O. A.; OPARA, U. L. Effects of different maturity stages and growing locations on changes in chemical, biochemical and aroma volatile composition of 'Wonderful' pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 96, n. 3, p. 1002-1009, 2016.

MUPAMBI, G.; ANTHONY, B. M.; LAYNE, D. R.; MUSACCHI, S.; SERRA, S.; SCHMIDT, T.; KALCSITS, L. A. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: A review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 236, p. 60-72, 2018.

MURATA, M.; TSURUTANI, M.; TOMITA, M.; HOMMA, S.; KANEKO, K. Relationship between apple ripening and browning: changes in polyphenol content and polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 43, n. 5, p. 1115-1121, 1995.

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

PANZELLA, L.; PETRICCIONE, M.; REGA, P.; SCORTICHINI, M.; NAPOLITANO, A. A reappraisal of traditional apple cultivars from Southern Italy as a rich source of phenols with superior antioxidant activity. **Food chemistry**, London, v. 140, n. 4, p. 672-679, 2013.

PASA, M. D. S.; FACHINELLO, J. C.; SCHMITZ, J. D.; SOUZA, A. L. K. D.; FRANCESCHI, É. D. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de peras sobre porta-enxertos de marmeleiro e *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 873-880, 2012.

PÉREZ, S. C.; PÉREZ, J. C.; MÉNDEZ, J. V. M.; DOMÍNGUEZ, G. C.; SANTIAGO, R. L.; FLORES, M. J. P.; VÁZQUEZ, I. A. Evaluation of the ripening stages of apple (Golden Delicious) by means of computer vision system. **Biosystems Engineering**, v. 159, p. 46-58, 2017.

PETKOVSEK, M. M.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 114, n. 1, p. 37-44, 2007.

RACSKO, J., SCHRADER, L.E. Sunburn of apple fruit: historical background, recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 31, p. 455–501, 2012.

RANJBAR, S.; RAMEZANIAN, A.; RAHEMI, M. Nano-calcium and its potential to improve ‘Red Delicious’ apple fruit characteristics. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 61, n. 1, p. 23-30, 2020.

REAY, P. F.; LANCASTER, J. E. Accumulation of anthocyanins and quercetin glycosides in ‘Gala’ and ‘Royal Gala’ apple fruit skin with UV-B–visible irradiation: modifying effects of fruit maturity, fruit side, and temperature. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 57-68, 2001.

ROBINSON, T.L.; SEELEY, E.J.; BARRITT, B.H. Effect of light environment and spur age on ‘Delicious’ apple fruit size and quality [*Malus domestica*]. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.18, p.855-861, 1983.

ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Food Science and Technology**, v.27, n.1, p.53-60, 2007.

RUFINO, M. do S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S. de; MORAIS, S.M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 4p. (Comunicado técnico, 128), 2007a.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 4p. (Comunicado Técnico, 127) 2007b.

RUFATO, L.; MARCON FILHO, J. L.; MARODIN, G. A. B; KRETZSCHMAR, A. A.; MIQUELUTI, D. J. Intensidade e épocas de poda verde em pereira 'Abate Fetel' sobre dois porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 475-481, 2012.

RUIZ-HERNÁNDEZ, V.; ROCA, M. J.; EGEA-CORTINES, M.; WEISS, J. A comparison of semi-quantitative methods suitable for establishing volatile profiles. **Plant Methods**, v. 14, n. 1, p.1-15, 2018.

SABA, M. K.; MORADI, S. Internal browning disorder of eight pear cultivars affected by bioactive constituents and enzyme activity. **Food Chemistry**, v. 205, p. 257-263, 2016.

SANZ, C.; OLÍAS, J.M.; PÉREZ, A.G. Aroma biochemistry of fruits and vegetables. In: TOMÁS BARBERÁN, F.A., ROBINS, R.J. (Eds.). **Phytochemistry of fruits and vegetables**. Clarendon Press, Oxford, pp. 125–155.1997.

SAURE, M. C. External control of anthocyanin formation in apple: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.42, p.181-218, 1990.

SAURE, M. C. Summer pruning effects in apple—a review. **Scientia horticulturae**, Amsterdam, v. 30, n. 4, p. 253-282, 1987.

SCHUPP, J. R.; FERREE, D.C. Effect of root pruning at four levels of severity on growth and yield of 'Melrose'/M.26 apple trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.113, p.194-198, 1988.

SEVERINO, V.; FERENCZI A.; GALIGER S.; GONZÁLEZ J.; MARA V.; URRABURU M.; ARIAS M. Medidas de manejo para aumentar el sobrecolor de manzanas en montes instalados. In: Programa de Investigación en Producción Frutícola. **Serie Actividades de Difusión**, n.739. p.85-91, 2014.

SIKORA, E.; CIEŚLIK, E.; LESZCZYŃSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIEWICZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, London, v. 107, p. 50-55, 2007.

SLAVIN, J. L.; LLOYD, B. Health benefits of fruits and vegetables. **Advances in Nutrition**, v. 3, n. 4, p. 506-516, 2012.

SOETHE, C.; STEFFENS, C. A.; MATTOS, L. M.; FERREIRA, N. A.; MAYER, D. M. Postharvest quality and functional compounds in "dedo-de-moça" 'BRS Mari' pepper fruit at different stages of maturity. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 8, p. 1322-1328, 2016.

STANGER, M. C.; STEFFENS, C. A.; SOETHE, C.; MOREIRA, M. A.; DO AMARANTE, C. V. Phenolic content and antioxidant activity during the development of 'Brookfield' and 'Mishima' apples. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 17, p. 3453-3459, 2017.

STANGER, M. C.; STEFFENS, C. A.; SOETHE, C.; MOREIRA, M. A.; DO AMARANTE, C. V. T.; BOTH, V.; BRACKMANN, A. Phenolic compounds content and antioxidant activity of 'Galaxy' apples stored in dynamic controlled atmosphere and ultralow oxygen conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 144, p. 70-76, 2018.

STÜPP, J. J.; ROSA, E. D. F. F. D.; AMARANTE, C. V. T. D.; MAFRA, Á. L.; STEFFENS, C. A. Nutrição, sanidade, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Catarina' conduzidas sob manejo integrado e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 634-641, 2013.

SUCUPIRA, N. R.; DA SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; DA COSTA, J. N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 4, 2015.

SUN, S.; XIN, L.; GAO, H.; WANG, J.; LI, P. RESPONSE of phenolic compounds in 'Golden Delicious' and 'Red Delicious' apples peel to fruit bagging and subsequent sunlight re-exposure. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 168, p. 161-167, 2014.

TAHIR, I. I.; JOHANSSON, E.; OLSSON, M. E. Improvement of quality and storability of apple cv. Aroma by adjustment of some pre-harvest conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 112, n. 2, p. 164-171, 2007.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise do solo, planta e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TREVISAN, R.; GONÇALVES, E. D.; CHAVARRIA, G.; ANTUNES, L. E. C.; HERTER, F. G. Influência de práticas culturais na melhoria da qualidade de pêssegos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.4, p.491-494, 2006.

TYAGI, S.; SAHAY, S.; IMRAN, M.; RASHMI, K.; MAHESH, S. S. Pre-harvest factors influencing the postharvest quality of fruits: A review. **Current Journal of Applied Science and Technology**, p. 1-12, 2017.

USELIS, N. *et al.* Effects of growth control on yield and fruit quality of the apple cultivar 'Rubin'. *Agricultural and Food Science*, v. 29, n. 3, p. 245–252, 2020.

VALKO, M.; VISKELIS, J.; LANAUSKAS, J.; USELIS, N.; LIAUDANSKAS, M.; JANULIS, V. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 39, n. 1, p. 44-84, 2007.

ZHANG, B. B.; XU, J. L.; ZHOU, M.; YAN, D. H.; MA, R. J. EFFECT of light quality on leaf photosynthetic characteristics and fruit quality of peach (*Prunus persica* L. Batch). **Photosynthetica**, v. 56, n. 4, p. 1113-1122, 2018.

ZARDO, D. M.; DANTAS, A. P.; VANZ, R.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Intensidade de pigmentação vermelha em maçãs e sua relação com os teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.1, p.148-154, 2009.

ZORATTI, L.; JAAKOLA, L.; HÄGGMAN, H.; GIONGO, L. Modification of sunlight radiation through colored photo-selective nets affects anthocyanin profile in *Vaccinium* spp. berries. **PloS one**, v. 10, n. 8, 2015.

ZUPAN, A.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; SLATNAR, A.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. Individual phenolic response and peroxidase activity in peel of differently sun-exposed apples in the period favorable for sunburn occurrence. **Journal of plant physiology**, v. 171, n. 18, p. 1706-1712, 2014.

WANG, S. Y.; CHEN, C.; WANG, C. Y. The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 3, p. 676-684, 2009.

**ANEXO A – PLANTAS PODADAS NAS SUAS RESPECTIVAS ÉPOCAS NO VERÃO**

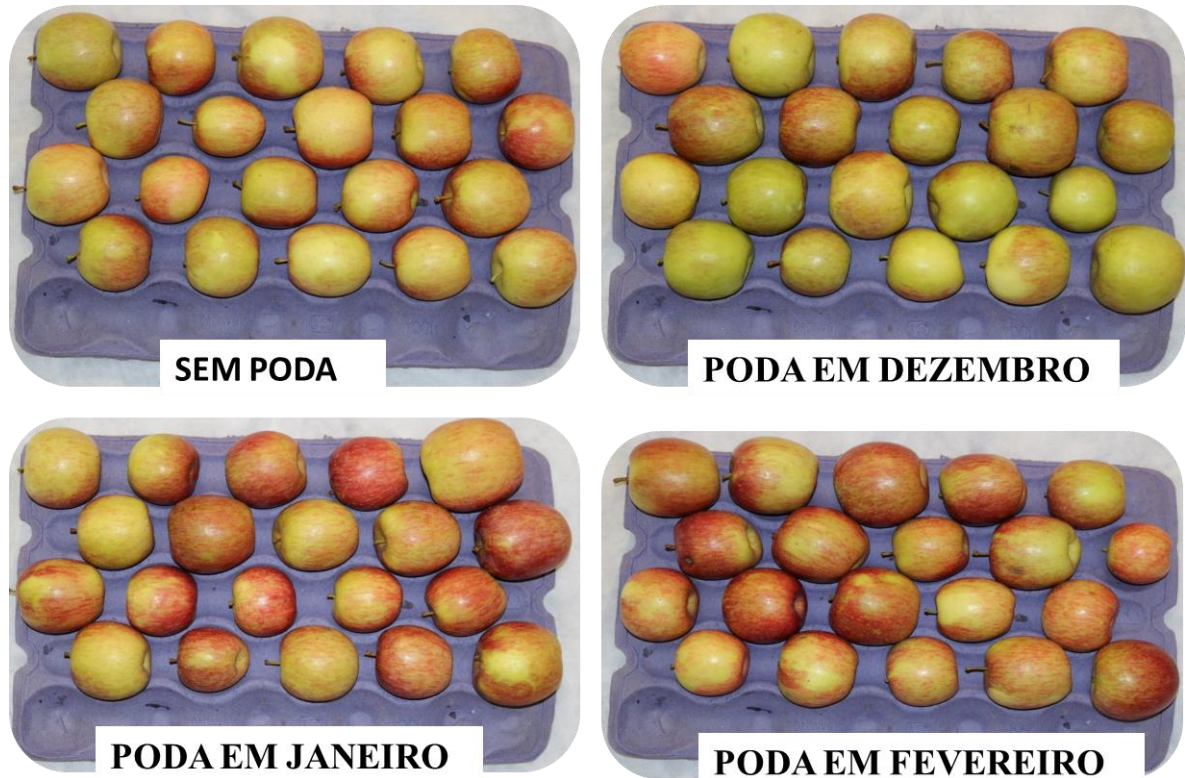
Figura 3 - Plantas na época de dormência, antes da poda de inverno, cada qual com seu respectivo tratamento de época de poda de verão.



Fonte: Alberto Brighenti (2019)

## ANEXO B- FRUTOS DE MAÇÃS 'FUJI STANDARD' SUBMETIDOS A ÉPOCAS DE PODA VERDE APÓS A COLHEITA

Figura 4- Imagem da coloração de fundo dos frutos de maçãs 'Fuji Standard' submetidos à diferentes épocas de poda verde, após a colheita.



Fonte: Mariuccia Schlichting de Martin (2019)