

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

TESE DE DOUTORADO

**AUMENTO DA FRUTIFICAÇÃO EFETIVA EM MACIEIRA COM
FITORREGULADORES**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências agrárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Doutorando: Guilherme Fontanella Sander

Orientador: Prof. Dr. Leo Rufato

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

Sander, Guilherme Fontanella
Aumento da frutificação efetiva em macieira com
fitorreguladores / Guilherme Fontanella Sander. -- 2019.
120 p.

Orientador: Leo Rufato
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2019.

1. Citocinina. 2. Giberelina. 3. Reguladores de
Crescimento . 4. aminoetoxivinilglicina. 5. Cromatografia. I.
Rufato, Leo. II. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

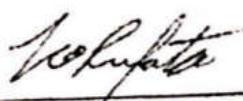
GUILHERME FONTANELLA SANDER

**Tese de doutorado: AUMENTO DA FRUTIFICAÇÃO EFETIVA EM MACIEIRA
COM FITORREGULADORES.**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do
Centro de Ciências Agroveterinárias, como requisito para obtenção do título de
Doutor.**

Banca Examinadora

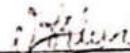
Orientador: _____



Prof. Dr. Leo Rufato

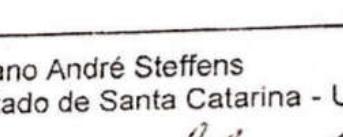
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Membro Interno: _____


Alberto Ramos Luz

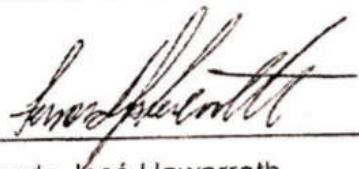
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro Interno: _____


Cristiano André Steffens

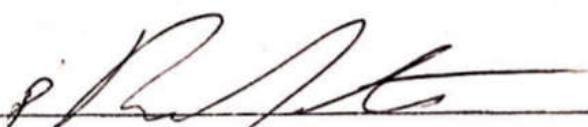
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro Externo: _____


Dr. Fernando José Hawerroth

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Membro Externo: _____


Dr. Sergio Ruffo Roberto

Universidade Estadual de Londrina-UEL

Lages, 2019

**Ao Grande Arquiteto do Universo, Deus, que
és a inteligência suprema, gerador do
universo, do homem e da vida em todas as
suas formas. Obrigado por todas suas
manifestações que me trouxeram até aqui.**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde física e mental para enfrentar os desafios que me foram propostos e nunca me deixar desistir.

Minha família que me apoiaram incondicionalmente com muito amor, carinho e afeto. Minha namorada Sarah e sua família que me acolheram de braços abertos, acompanhando toda a trajetória.

A todos os amigos que me acompanharam e dividiram momentos.

Ao meu orientador e a família fruticultura total, pelo apoio, ajuda e dividir os casos de família (risos).

A Universidade de Cornell, na pessoa de Poliana Francescatto e Terence Robinson por me orientarem durante o doutorado sanduíche.

As instituições CAV-UDESC pelo ensino gratuito e de qualidade, Capes e CNPQ pelo fomento e financiamento da pesquisa.

Ao mate, chimarrão de cada dia, que me deu disposição e me manteve acordado mesmo nos momentos de cansaço.

As empresas que abriram os pomares e deram todo o apoio para que a pesquisa fosse realizada.

E a todas as pessoas, que seria impossível citar aqui de um por um, mas de alguma forma estiveram comigo na jornada.

Deixo a todos o meu muito obrigado!

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso
sem perder entusiasmo.”

Winston Churchill

“O insucesso é apenas uma oportunidade
para recomeçar com mais inteligência”

Henry Ford

A mente humana por mais avançada ou
capaz que seja, está sujeita a limitações.

(autor desconhecido)

RESUMO

SANDER, Guilherme Fontanella; **AUMENTO DA FRUTIFICAÇÃO EFETIVA EM MACIEIRA COM FITORREGULADORES.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2019.

A cultivar Gala é uma das maçãs mais produzidas no Brasil. A abscisão de frutos jovens de maçã e o desenvolvimento destes são definidos por vários fatores ambientais que desencadeiam processos fisiológicos controlados geneticamente e hormonalmente. Esta tese de doutorado contempla experimentos utilizando fitorreguladores no intuito incrementar a frutificação efetiva e reduzir o abortamento de frutos jovens, sendo que foram realizados na região de Lages-SC e em Geneva-NY (EUA - durante o doutorado sanduíche), produzindo dados que geraram dois artigos científicos que estão com suas versões pré-publicação ao final desta tese. Nas safras 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 foram conduzidos experimentos na região de Lages-SC, no município de Correia Pinto, com a cultivar Gala. Durante o ano de 2017, no período de doutorado sanduíche na universidade de Cornell (Geneva-NY-EUA) foi desenvolvido experimento em maçãs Sweetango®. Os fitorreguladores foram utilizados com diferentes estratégias de dose, época e princípio ativo. Os fitorreguladores utilizados foram o Tidiazuron (TDZ), Aminoetoxivinilglicina (AVG), Belziladenina-6 (BA-6), Ácido Giberélico 4 e 7 (GA-4 + 7), Prohexadiona Cálcica (Pro-Ca) e Trinexapac-étílico (T-pac). Em Geneva (2017) e em Correia Pinto (2018/19) os ensaios avaliaram o comportamento do gás Etileno, através da gás cromatografia, na fase inicial de desenvolvimento dos frutos. Foram avaliados parâmetros produtividade e de uma amostra de frutos feito análises físico química em laboratório. Na região de Lages aplicação de reguladores de crescimento mostrou-se eficaz no incremento da frutificação efetiva. AVG em diferentes doses demonstrou comportamento distinto dentre os reguladores de crescimento para aumento da fixação de frutos. Na universidade de Cornell o AVG demonstrou-se eficaz no incremento da frutificação efetiva e produtividade, sendo o melhor resultado a aplicação nos frutos jovens (8-10 mm). Ao medir etileno logo no início do ciclo observou-se que reduzir a produção de etileno através do uso de AVG é eficiente na fixação de frutos na cultivar Sweetango o mesmo foi observado no Brasil para cultivar Gala. O AVG em todas as doses é eficaz em controlar a

produção de etileno. Doses elevadas aumentam a frequência de ocorrência de cachopas florais com 3, 4 e 5 frutos na cultivar Gala. Parâmetros físicos químico não foram influenciados pela utilização de AVG. Foi observado que AVG aplicado em plena floração pode reduzir o tamanho/peso de frutos corroborando com trabalhos realizados previamente em pereiras, podendo a competição entre os mesmos, por ter incrementado a frutificação efetiva, ser um dos motivos da redução de tamanho. Os resultados dos ensaios 2018/19 mostram que Retain e TDZ são ferramentas que podem ser utilizadas para aumentar produtividade de pomares de maçã.

Palavras-chave: Citocinina, Giberelina, Reguladores de Crescimento, AVG, produção de etileno, cromatografia.

ABSTRACT

SANDER, Guilherme Fontanella; **FRUIT SET IMPROVEMENT ON APPLE TREES BY THE USE OF PLANT GROWTH REGULATORS.** Thesis (PhD in Plant Production) - State University of Santa Catarina. Post graduate Program in Agricultural Sciences, Lages, 2019.

The cultivar Gala is one of the most produced apples in Brazil. The abscission of apple fruitlets and the development of these are defined by several environmental factors that trigger physiological processes controlled hormonally and genetically. This PhD thesis consider experiments using plant growth regulators to increase fruit set and reduce fruitlet drop, being installed in Lages-SC region and in Geneva-NY (USA - during the sandwich doctorate), producing data that generated two scientific articles that are with their pre-publish versions at the end of this thesis. On 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 trials were conducted in the region of Lages-SC, at Correia Pinto city, with the cultivar Gala. During the year 2017, during the "PhD sandwich" period Cornell University (Geneva-NY-USA) trial was installed on Sweetango® apple orchard. The plant growth regulators were used with different strategies, changing doses, spray time and active ingredient. The plant growth regulators used were Tidiazuron (TDZ), Aminoethoxyvinilglycine (AVG), Belziladenine-6 (BA-6), Giberelic acid 4 and 7 (GA-4 + 7), Calcium Prohexadione (Pro-Ca) and Ethylic Trinexapac (T-pac). In Geneva (2017) and Correia Pinto (2018/19) the tests evaluated the ethylene gas behavior, using gas chromatography, in the initial phase of fruit development. The parameters yield and laboratorial fruit sample analysis were evaluated in all years. In Lages region plant growth regulator sprays proved to be effective to increase fruit set. AVG using different doses evidence distinct behavior to increase fruit set. At Cornell University, AVG proved to be effective in increasing effective fruit yield and productivity, with the best results being the spray of AVG on young fruits (8-10 mm). Measuring ethylene at the beginning of the cycle, it was observed that ethylene production is reduced through the use of AVG and it is efficient to increase fruit set on Sweetango cultivar. The same was observed in Brazil for 'Gala'. AVG at all doses is effective to control ethylene production. High doses increase the occurrence frequency flower clusters with 3, 4 and 5 fruits on cultivar Gala. Physical and chemical parameters were not influenced by the use of AVG. It was observed that AVG applied in full bloom can

reduce the size/weight of fruits corroborating with work done previously in pear trees. This could be the effect of competition among fruits, by the increment on fruit set. The 2018/19 trials results shows that Retain and TDZ are tools that can be used to increase yield of apple orchards.

Key words: Cytokine, Gibberellins, Growth Regulators, AVG, Ethylene production, Chromatography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Estágios fenológicos da macieira, segundo Fleckinger (1953). (A): gema dormente, (B) gema inchada com ponta de prata, (C) pontas verdes, (C3) meia polegada verde, (D) meia polegada verde sem folhas, (D2) meia polegada verde com folhas, (E) botão verde, (E2) botão rosado, (F) início da floração, (F2) plena floração, (G) final da floração, (H) queda de pétalas, (I) frutificação efetiva, (J) frutos verdes. (Fonte: Travers, 2004) 59
- Figura 2.** O gráfico representa a produção de etileno em $\mu\text{L}/\text{kg}/\text{hora}$, ou seja tempo e da massa. O eixo X possui datas em quais foram realizadas as medidas do etileno. As aplicações de AVG foram realizadas no dia 04/10/2018 e 09/10/2018. Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa. Correia Pinto-SC, 2018/19. 84
- Figure 3.** Cluster distribution by fruit number per cluster expressed in percentage. Averages followed by the same letter in the top of the column do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability.*ns- Averages with a*ns means not significant by Tukey test at 5% probability..... 94
- Figure 4.** Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed on doses of 62,5 ppm of AVG, 0, 13 and 20 DAFB; and control. Graphic shows the result of ethylene measurements with 3 days interval during early season, starting 1 day after the first spray until measurements get close to zero. Ethylene rates are expressed in $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$.Averages followed by the same letter in the same date do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability.*ns- Averages with a *ns means not significant by Tukey test at 5% probability..... 95
- Figure 5.** Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed on Maxi Gala apple trees with different doses and control. Graphic shows the result of ethylene measurements during early season, starting 1 day after the first spray until measurements get close to zero. Ethylene rates are expressed in $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$.Averages followed by the same letter in the same date do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability. Correia Pinto – SC-Brazil, 2018-2019. 108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados e dose por hectare, entre os estádios F2 e G, na cultivar Maxi Gala. O AVG foi aplicado um dia após os demais reguladores de crescimento. Correia Pinto, 2015/2016.	61
Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados e dose por hectare, entre os estádios F2 e I, na cultivar Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.....	62
Tabela 3 - Descrição dos tratamentos utilizados entre os estádios F2 e I, na cultivar Maxi Gala. Correia Pinto, 2017/2018.	63
Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados e dose, em plena floração e início da queda de pétalas, entre os estádios F2 e H, na cultivar Maxi Gala. Pomar 3. Correia Pinto, 2018/2019.	63
Tabela 5. Descrição dos tratamentos utilizados e dose, em plena floração e início da queda de pétalas, entre os estádios F2 e H, na cultivar Maxi Gala. Pomar 2. Correia Pinto, 2018/2019.	64
Tabela 6. Resultados do experimento em função da aplicação de diferentes reguladores de crescimento no início do ciclo para incremento na frutificação efetiva. Correia Pinto, 2015/16 ..	65
Tabela 7. Característica de qualidade de frutos do experimento utilizando reguladores de crescimento para o incremento na frutificação efetiva de frutos, Correia Pinto- SC- Brasil, 2015/2016	67
Tabela 8. Incremento na frutificação efetiva de frutos pela aplicação de diferentes reguladores de crescimento, características de qualidade de frutos. Correia Pinto, 2015/2016	68
Tabela 9. Descrição dos tratamentos utilizados e dose por hectare para incremento do frutificação efetiva de frutos, acompanhado dos dados de produtividade estimada, na cultivar Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.	69
Tabela 10. Parâmetros produtivos para o experimento de incremento no frutificação efetiva de frutos pela utilização de reguladores de crescimento da cv.Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.	70
Tabela 11. Dados da amostra referente ao estádio de maturação dos frutos no experimento de incremento frutificação efetiva de frutos pela utilização de reguladores de crescimento na cv. Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.....	71

Tabela 12. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando os fito-reguladores. Correia Pinto-SC, 2017-2018.....	72
Tabela 13. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando os reguladores de crescimento. A produtividade expressa em mega gramas por hectare, considera apenas a colheita 1. Correia Pinto-SC, 2017-2018.....	73
Tabela 14. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando os reguladores de crescimento (AVG), GA 4+7 + BA6 e TDZ. Correia Pinto-SC, 2017-2018.....	76
Tabela 15. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando o reguladores de crescimento AVG, TDZ, Stimulate+Hold, na cultivar Maxi Gala. Pomar 2, Correia Pinto-SC, 2018/2019.....	79
Tabela 16. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando o reguladores de crescimento (AVG), na cultivar Maxi Gala. Pomar 2, Correia Pinto-SC, 2018/2019	80
Tabela 17- Distribuição das cachopas conforme o número de frutos por cacho nos diferentes tratamentos, expressos em porcentagem, para a cultivar MaxiGala. Pomar 2 - Correia Pinto, 2018/2019.....	81
Tabela 18. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando o reguladores de crescimento AVG, na cultivar Maxi Gala. Agrospe, Correia Pinto-SC, 2018/2019.....	82
Tabela 19. Incremento na frutificação efetiva e produtividade da macieira 'Maxi Gala' com a aplicação de AVG, Agrospe, Correia Pinto-SC, 2018/2019.....	83
Tabela 20- Distribuição das cachopas conforme o número de frutos por cacho nos diferentes tratamentos, expressos em porcentagem, para a cultivar. Maxigala. Correia Pinto, 2016/2017.....	86
Table 21. Increase fruit set experiment on Sweetango® apple variety using plant growth regulator (PGR) aminoethoxyvinilglycine (AVG), commercial name Retain®. Trial treatments including spray date, number of days after full bloom (DAFB), rate of the active ingredient and rate of commercial PGR. Geneva-NY- USA, 2017.....	90
Table22. Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed at different times on 'Sweetango'® apple variety. Geneva-NY-EUA, 2017.....	91

Table 23. Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed 0, 13 and 20 DAFB. Results of fruit quality parameters: flesh firmness (FF); soluble solid content (SS); seeds number, fruit diameter; fruit height; and height by diameter ratio .Geneva-NY-EUA, 2017.....	93
Table 24. Experiment 1- Increase fruit set experiment on 'Maxi Gala' apple variety using plant growth regulator (PGR) aminoethoxyvinilglycine (AVG), commercial name Retain®(15% a.i.). Trial treatments including spray date, rate of the active ingredient and rate of commercial PGR. Correia Pinto-SC-Brazil, 2018/2019.	102
Table 25. Experiment 2- Increase fruit set experiment on 'Maxi Gala' apple variety using plant growth regulator (PGR) aminoethoxyvinilglycine (AVG), commercial name Retain®(15% a.i.). Trial treatments including spray date, rate of the active ingredient and rate of commercial PGR. Correia Pinto-SC-Brazil, 2018/2019.	102
Table 26. Experiment 1- Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results of fruit quality parameters: flesh firmness (FF); soluble solid content (SS); seeds number, fruit dimeter; fruit height; and height by diameter. Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.....	103
Table 27. Experiment 1- Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results productive parameters: estimated yield, fruit number per tree, fruit set, fruit weight per tree; unitary fruit weight. Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.	104
Tabela 28 -Experiment 1- Flower cluster distribution by fruitlet number per cluster on different treatments expressed in percentage on Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Correia Pinto-SC-Brazil, 2018/2019.	104
Table 29. Experiment 2-Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results of fruit quality parameters: flesh firmness (FF); soluble solid content (SS); seeds number, fruit diameter; fruit height; and height by diameter. Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.	105
Table 30. Experiment 2-Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results productive parameters: estimated yield, fruit number per tree, fruit set, fruit weight per tree; unitary fruit weight.Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.	106
Table31 - Experiment 2-Flower cluster distribution by fruitlet number per cluster on different treatments expressed in percentage on Increase fruit set on Maxi Gala	

apples trial using plant growth regulators in early season. Correia Pinto-SC-Brazil,
2018/2019.107

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	41
LISTA DE TABELAS	43
1. INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVA	33
2. OBJETIVOS.....	34
2.1. OBJETIVO GERAL.....	34
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	35
3.1. CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA.....	35
3.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	35
3.3. CULTIVAR GALA.....	37
3.4. POLINIZAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO	37
3.5. ABSCISÃO E QUEDA DE FRUTOS JOVENS DE MACIEIRA	39
3.6. CRESCIMENTO DO FRUTO	44
3.7. REGULADORES DE CRECIMENTO	47
3.8. ABSCISÃO	50
4. ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O CURSO DE DOUTORADO EM PRODUÇÃO VEGETAL.....	57
5. INCREMENTO DA FRUTIFICAÇÃO EFETIVA EM MACIEIRAS “MAXI GALA” COM A APLICACAO DE FITORREGULADORES	58
5.1. MATERIAL E MÉTODOS	58
5.1.1. Descrição do experimento e local.....	58
5.1.2. Tratamentos	59
5.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.2.1. SAFRA DO ANO AGRÍCOLA 2015-2016.....	64
5.2.2. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2016-2017	68
5.2.3. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2017-2018	71
5.2.4. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2018-2019 – Pomar 2	77
5.2.5. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2018-2019 – Pomar 3	82
6. ATIVIDADES A DESENVOLVIDAS NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO ESTADO DE NOVA IORQUE E UNIVERSIDADE DE CORNELL-GENEVA-NY-ESTADOS UNIDOS.....	86

6.1. DOUTORADO SANDUÍCHE-ARTIGO	87
6.1.1. THE ROLE OF ETHYLENE ON FRUITLETS AND APPLE SETTING ON VARIETY SWEETANGO IN EASTERN NEW YORK.....	87
6.1.2. ABSTRACT	87
6.1.3. INTRODUCTION	87
6.1.4. MATERIAL AND METHODS.....	88
6.1.5. RESULTS AND DISCUSSION.....	90
6.1.6. CONCLUSIONS	95
6.1.7. REFERENCES	96
7. ARTIGO REFERENTE A SAFRA 2018/19.....	98
7.1. PLANT GROWTH REGULATOR INCREASE FRUIT SET ON 'GALA' APPLES (CLONE MAXI GALA) IN SOUTHERN BRAZIL – THE ROLE OF ETHYLENE PRODUCTION ON FLOWERS AND FRUITLETS	98
7.1.1. ABSTRACT	98
7.1.2. INTRODUCTION	99
7.1.3. MATERIALS AND METHODS	100
7.1.4. RESULTS AND DISCUSSION	103
7.1.5. CONCLUSIONS	109
7.1.6. REFERENCES	109
7.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

1. INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVA

Dentre as duas cultivares de maçã mais produzidas no Brasil, a cultivar Gala representa mais de 45% da produção nacional. Esta cultivar possui clones, mutações naturais, que apresentam epiderme com coloração vermelho intensa e rajada, sendo que os pomares implantados na atualidade optam em sua maioria por estes clones, tais como Maxi Gala, Gala Real 2, Gala Select, Brookfield e Galaxy. Estes clones devido a coloração intensa, possibilitaram um enquadramento de um percentual maior da produção nas classes de melhor remuneração apenas pela característica genética.

O atributo tamanho dos frutos não é influenciado pelos clones mais coloridos da cultivar Gala. A Gala tradicionalmente apresenta frutos de menor tamanho, tendo influência direta da região produtora do Brasil, principalmente se comparado com tamanho da cultivar Fuji. Isto se deve a diferentes fatores tais como qualidade de gema, manejo de poda, porta-enxerto, condições climáticas entre outros.

Além de raleio outras maneiras, caminhos, devem ser utilizadas na tentativa incrementar tamanho de fruto, sendo através de uma ação ou a soma de ações que vão alcançar um resultado positivo. O manejo do pomar, através de diferentes tipos e épocas de poda, manejo da fertilidade do solo e o uso de reguladores de crescimento são alguns pontos a serem considerados. Este último merece atenção especial, pois são ferramentas que se bem utilizadas podem trazer resultados positivos com aplicabilidade.

Pela particularidade das regiões produtoras de maçã no Brasil, tanto Vacaria, Fraiburgo ou São Joaquim, é comum a ocorrência de irregularidade de condições climáticas de uma safra para a outra, antes e durante o florescimento, como diferente acúmulo de frio, ocorrência de geadas tardias, precipitação de chuva e/ou granizo, longos períodos de nebulosidade, influenciam a frutificação e o desenvolvimento vegetativo das plantas.

A frutificação efetiva, na linguagem popular também chamada de “pegamento de frutos” ou “fixação de frutos”, é a quantidade de frutos no pomar em relação à quantidade inicial de racemos (corimbos, cachos, cachopas) florais e o número de frutos fixados, que por sua vez influencia diretamente na produtividade e obviamente na rentabilidade do pomar de maçãs. A frutificação efetiva é

influenciada, dentre diversos fatores, pelas condições meteorológicas citados no parágrafo anterior, que podem provocar a ocorrência de abscisão natural dos frutos, mesmo com, pomares equilibrados nutricionalmente, ocorrência de floradas simultâneas entre cultivares que polinizam entre si e atividade normal dos agentes polinizadores como as abelhas. Neste contexto, objetivou-se incrementar a frutificação efetiva de macieiras da cultivar Gala, através da redução da abscisão e aumento de tamanho dos frutos com o uso de reguladores de crescimento.

Esta tese apresenta as atividades desenvolvidas desde março de 2015, trabalhando na avaliação de fitorreguladores no incremento da frutificação efetiva de macieiras cultivar Maxi Gala da safra 2015/16 até a safra 2018/19, nas condições brasileiras. Ao final apresenta um artigo avaliando também fitorreguladores nas condições climáticas do estado de Nova Iorque (Estados Unidos) no incremento da frutificação efetiva da cultivar Sweetango durante a safra do ano de 2017 (atividade desenvolvida durante o doutorado sanduíche).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de aplicações de fitorreguladores no incremento da frutificação efetiva em pomares de macieira no sul do Brasil e no estado de Nova Iorque (Estados Unidos)

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Aumentar a frutificação efetiva de macieira com aplicações de diferentes fitorreguladores.

Demonstrar resultados com a utilização de fitorreguladores, eles: (GA 4+7 +BA-6), AVG, TDZ e T-pac, para incremento da frutificação efetiva de macieiras Gala na região de Lages-SC e Cultivar Sweetango no estado de Nova Iorque (EUA)

Determinar a eficácia do AVG na redução da produção de etileno em flores e frutos jovens de macieira, visando o aumento da frutificação efetiva.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

A macieira (*Malus domestica* Borkhausen), pertencente à ordem Rosales, família Rosaceae, subfamília Pomoideae, gênero *Malus*. É uma planta lenhosa, decídua de clima temperado, adaptável a diferentes climas, crescendo desde os trópicos até altas latitudes (IUCHI, 2006). Outra nomenclatura utilizada para a macieira foi descrita no livro "A história da Maçã" (The Story of the Apple) (JUNIPER, 2006), onde se refere à maçã com *Malus pumila*, sendo esta conversão também adotada pelo USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos), assim como menciona Harris et al. (2002).

O fruto, pela botânica, é o ovário maduro, caracterizando um fruto verdadeiro, quando incluir outra parte da flor é denominado de fruto falso. O nome fruta se aplica ao fruto que é agradável de comer pelas suas características de aspecto, cor, aroma, suculência, docura, acidez, sabor e textura, ainda que alguns frutos não se enquadrem a esta denominação (FRANCESCATTO, 2014).

Os frutos da macieira são simples, denominados pomo, do latim fruto. O pomo é um fruto carnoso, falso, porque a parte comestível corresponde ao córtex do tubo floral e do receptáculo, o qual contém funcionando em seu centro o fruto verdadeiro, um coração relativamente endurecido, de cinco carpelos, e se corretamente polinizado com duas sementes em cada (SALAYA, 2013). Diferentes são as denominações para a estrutura das florais da macieira como corimbo ou racemo corimboso (JACKSON, 2003).

3.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A maçã é uma das frutas mais produzidas e consumidas no mundo. Os fatores que mais influenciam no consumo desta fruta são os benefícios que esta proporciona a saúde, além de ser, atraente, aromática e saborosa e existirem diferentes cultivares, agradando a diferentes paladares. O consumo per capita é variável em cada país, o qual é ditado principalmente pelo poder de compra da população economicamente ativa.

O consumo brasileiro mais que dobrou, considerando o início da produção comercial de maçãs no país na década de 1960, segundo a associação mundial de

pêra e maçã, em 2013 chegou a 3 kg *per capita* (USDA, 2016). Comparando este consumo com os países vizinhos do MERCOSUL, Argentina e Chile, e também com os EUA e países da União Europeia, considera-se o consumo brasileiro ainda baixo.

A produção de maçãs está distribuída em diversos países, com produção mundial ultrapassando os 75 milhões de toneladas no ano de 2016/17, considerando que a China que foi responsável por mais de 50% desta produção. No ano de 2018/19 a previsão da China é menor, projetando uma queda de 5,6 milhões de tonelada a menos, porém no resto do mundo uma previsão de produção total de 38 milhões de toneladas (NASS-USDA, 2018).

Após a China o segundo maior produtor é os EUA com 7,28% e os países da União Europeia que em conjunto representam cerca de 20,40%. O Brasil produz cerca de 1,05 milhões de toneladas, ocupando entre a nona e décima posição em nível mundial. Em nível de MERCOSUL o Chile é o maior produtor com 1,3 milhões de toneladas, sendo que junto com a Argentina são os principais concorrentes no mercado interno brasileiro (NASS-USDA, 2018)

Em nível nacional, a produção aumentou nos últimos 40 anos, deixando de ser um país importador e passando a auto-suficiência e na década de noventa passou a exportador de maçãs. A área produtora está concentrada na região sul do Brasil, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As cidades pólo da produção nacional são Vacaria no Rio Grande do Sul, São Joaquim e Fraiburgo em Santa Catarina e Palmas no estado do Paraná, sendo esta uma das principais atividades econômicas destas regiões (PETRI, et al. 2011).

O agronegócio da maçã tem importante papel social, pois é responsável por 100 mil empregos e possui 3.450 produtores (PETRI, et al. 2011), os quais possuem perfis diferentes em cada estado produtor. No estado do Rio Grande do Sul existem cerca de 534 pomicultores, totalizando uma área cultivada de 14.517,15 hectares, assim com uma média de 27,18 hectares de pomar por produtor (AGAPOMI, 2015). Já o estado de Santa Catarina se caracteriza por 90% de agricultores possuírem até 4,5 ha de pomares, totalizando 2.497 pomicultores, distribuídos em 17.853 hectares, com média de 7 ha por produtor (MAPA, 2013).

3.3. CULTIVAR GALA

Proveniente do cruzamento das cultivares 'Kidd's Orange Red' x 'Golden Delicious', realizado no ano de 1934 na Nova Zelândia, por J. H. Kidd se destacou entre os resultados do cruzamento e foi batizada no ano de 1962 de Gala e logo após já iniciou-se sua produção de forma comercial neste país, no ano de 1965 (CAMILO e DENARDI, 2006).

Necessita de cerca de 600 a 800 horas de frio hibernal. A floração ocorre no final de setembro, início de outubro, sendo mais precoce em regiões mais frias, coincidindo com a época de floração da cultivar Fuji, sendo recomendado o plantio destas duas cultivares para polinização cruzada. Os frutos possuem maturação desuniforme onerando os custos de colheita, sendo considerado um grande defeito da cultivar (CAMILO e DENARDI, 2006).

Com o passar dos anos após seu lançamento surgiram várias mutações somáticas da cultivar com variações na epiderme, com maior intensidade de cor vermelha, epiderme vermelha uniforme e vermelha com estrias, sendo estas últimas as preferidas pelo mercado consumidor brasileiro (FIORAVANÇO, 2010).

Algumas das mutações são conhecidas por Royal Gala, Imperial Gala, Gala Real, Galaxy, 4a, Baigent (Brookfield®). A Maxi Gala é uma cultivar de origem brasileira, originada de uma mutação espontânea de "Imperial Gala", selecionada pela empresa Rasip Agropastoril S.A.. Possui vigor intermediário, entre as cultivares Fuji, mais vigorosa e 'Cripp's Pink' menos vigorosa, com cerca de 120 dias entre ponta verde e início da colheita, frutos muito uniformes, polpa branca-creme, tamanho médio, cor vermelha intensa, com estrias marcadas, recobrindo a maior parte da superfície dos frutos. Pode ser colhida com menor número de passadas devido a uniformidade dos frutos (FIORAVANÇO, 2010).

3.4. POLINIZAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO

A polinização é fundamental para que ocorra a frutificação efetiva e desenvolvimento natural de frutos da macieira, sendo ela o resultado de um conjunto de fatores que ocorrem durante a floração, antese. É rara a utilização comercial de cultivares de macieira que desenvolvem frutos partenocápicos. Outro fato é há necessidade de polinização cruzada na maioria das cultivares por serem, pela própria natureza, auto-incompatíveis. Estas duas colocações elevam a importância

da ocorrência de polinização para a produção de maçãs, sendo pré-requisito para fertilização dos óvulos e desenvolvimento do fruto (FRANCESCATTO, 2014).

Polinização nada mais é do que a transferência mecânica do pólen das anteras de flores de uma cultivar até o estigma de outra cultivar, realizada principalmente por insetos, primariamente as abelhas. A porcentagem de flores que desenvolvem frutos jovens é cerca de 10 a 30, sendo que é variável de acordo com a cultivar, condições climáticas, densidade de floração entre outros. As flores excedentes normalmente irão cair cerca de 1 a 2 semanas após a queda de pétalas. Os frutos jovens também irão cair, sendo que este evento é conhecido como "June Drop" no hemisfério norte que refere-se ao inicio do mês de novembro no Brasil, onde apenas 5 a 15% do número inicial de flores irão permanecer e desenvolver até o final do ciclo (MONELISE, 1986).

Uma série de passos ocorre até que ocorra a fertilização do óvulo, frutificação, desenvolvimento e crescimento do fruto. O pólen transferido da antera para o estigma, assim encontrando uma condição adequada na superfície logo inicia o processo de germinação do pólen. O estigma possui uma superfície úmida composta por secreções extracelulares (SEDGELEY, 1990).

O pólen com a umidade fica hidratado, dando início ao desenvolvimento do tubo polínico através da secreção do estigma e do material intersticial do trato transmissor. Neste momento ocorre o reconhecimento de compatibilidade do pólen (JACKSON, 2003). O pólen maduro contém dois núcleos generativos e um núcleo de células do tubo. No caso de um pólen compatível ser depositado no estigma a germinação irá ocorrer dando continuidade a elongação do tubo polínico, cada um carregando o núcleo do tubo e os dois núcleos generativos em cada estilete até encontrar o ovário (DENNIS, 2003).

Após uma elongação celular contínua do tubo polínico eles entram no micrópilo, uma abertura na superfície de cada óvulo, e penetram no óvulo onde ocorre uma ruptura, liberando os dois núcleos generativos em cada óvulo. Uma unidade nuclear se junta com a célula ovo produzem um zigoto diplóide e a outra unidade de núcleo se junta aos dois núcleos polares do saco embrionário produzindo um núcleo triplóide. O zigoto passa por diversas divisões celulares, que ocorrem rapidamente e dá origem ao embrião. O núcleo triplóide divide-se e forma o núcleo livre, o endosperma líquido (DENNIS, 2003; JACKSON, 2003).

A germinação do pólen é diretamente afetada pela temperatura e a fonte (cultivar) de origem (JACKSON, 2003) tendo relação direta com as temperaturas nas 24 horas após a deposição do pólen no estigma (WILLIANS e MAIER, 1977). Em condições típicas de temperatura o tubo polínico leva cerca de 48 horas para atingir o ovário (YODER et al., 2009), já em condições ótimas a fertilização das flores pode ocorrer em menos de 24 horas (YODER et al., 2008).

O período de polinização efetiva (PPE) é determinado pela longevidade do óvulo, sendo altamente variável em maçãs com valores entre 2 a 9 dias dependendo da cultivar, além de ser dependente da receptividade estigmática e do crescimento do tubo polínico (SANZOL e HERRERO, 2001). Este período é o período em que uma flor é efetivamente capaz de produzir um fruto (WILLIAMS, 1966).

Após esta etapa de germinação do pólen, desenvolvimento do tubo polínico, formação do embrião e do endosperma, ou seja, os óvulos estão fertilizados, inicia-se então o desenvolvimento do ovário em fruto. Este processo de transformação dos tecidos do ovário em fruto é definido como frutificação (GILLASPY et al. 1993).

Baixa frutificação pode estar ligada a inúmeros fatores, ambientais, falhas na polinização (pouca atividade de insetos polinizadores, por exemplo), baixa intensidade de floração, fatores genéticos, fatores pós polinização (como abortamento do embrião como exemplo). Fatores climáticos, incluso em fatores ambientais, podem ser considerado um fator de amplo efeito em regiões de clima ameno como ocorre nas regiões produtoras do sul do Brasil, pois é verificado a baixa frutificação com a ocorrência de baixas temperaturas após a floração, carência em número de horas de frio no período de dormência ou deficiência de caráter fisiológico (PETRI e PASQUAL, 1981).

3.5. ABSCISÃO E QUEDA DE FRUTOS JOVENS DE MACIEIRA

São inúmeros fatores envolvidos na frutificação efetiva e na produtividade do pomar de maçãs como número de gemas e qualidade das gemas, estas influenciam diretamente na quantidade e qualidade das flores. Também reflete na produção: clima (do ciclo corrente e do ciclo anterior), nutrição das plantas, época de poda, produtividade no último ciclo, radiação solar, temperatura, vento, a eficiência da polinização, dependente atividade dos insetos polinizadores, eficiência da polinização cruzada (compatibilidade da época de floração), distribuição dos

polinizadores; severidade da indução de abscisão natural dos frutos formados, refletindo no número final de frutos; taxa de divisão e expansão celular, que irão determinar o tamanho final dos frutos (WEBSTER, 2002).

A indução floral é reduzida na existência de uma carga excessiva de frutos consequência dos níveis de GA3 estarem elevados pelo grande número de sementes na planta. Em plantas vigorosas, incluindo-se mal manejadas, nos aspectos de poda e arqueamento, por exemplo, podem apresentar uma grande quantidade de pontos de crescimento e formação de ramos “ladrões”. O crescimento vigoroso dos ramos e inúmeros pontos de crescimento podem ser associados à elevação dos níveis de GA3 que podem contribuir para redução da indução floral. Uma maneira de obter produtividade equilibrada é reduzindo o vigor das plantas, principalmente em cultivares de maior vigor (ASIN et al., 2005), também é de importância mencionar que controlar vigor das plantas pode ser através de produções equilibradas e regulares durante os anos.

Em algumas regiões produtoras de maçãs no sul do Brasil, safras regulares não é uma realidade, principalmente em regiões que os pomares estão localizados em altitudes de cerca 1000 m a partir do nível do mar ou menos, como é o caso de pomares nas regiões de Lages-SC, Fraiburgo-SC e Vacaria-RS, caracterizadas por ter um inverno ameno. Esta característica de clima proporciona problemas de adaptação, como citado por Sezerino (2014) uma baixa indução floral, brotação irregular, abortamento de gemas florais, floração demasiadamente prolongada, baixa frutificação efetiva e perda da qualidade dos frutos.

Na fase de floração e fase de fixação dos frutos existe competição entre os frutos pelas reservas da planta, carboidratos, posteriormente a competição entre frutos e crescimento vegetativo. Nas condições brasileiras a macieira com florada longa e primavera com temperaturas elevadas, interferem no aumento na taxa de divisão celular e assim na competição entre crescimento vegetativo e flores e frutos, contribuindo para redução na frutificação efetiva .

Algumas espécies assim como a maçã desenvolveram um mecanismo fisiológico auto-regulador de carga, número de frutos jovens, fazendo com que ocorra uma queda de frutos naturalmente neste período inicial, sendo que este processo em parte é consequência da competição entre frutos e entre frutos e ramos, por carboidratos assimilados (DAL CIN et al., 2005). Os açucares não apenas fornecem carbono e energia, mas também tem papel de pivô na sinalização de

moléculas em plantas, que integra as condições ambientais com a rota metabólica de múltiplos hormônios das plantas (ROLLAND et al., 2006)

O mesmo é confirmado por outros autores, que dizem: a abscisão de frutos jovens, mesmo após a fertilização e durante o *June drop* (queda de junho- referente ao mês de novembro no hemisfério sul), tem sido, pelo menos em parte, associado à competição por carboidratos por cada fruto e entre frutos e ramos vegetativos (YUAN E GREENE, 2000). A queda de frutos ocorre nas plantas nas primeiras semanas (semana 5-6) após a floração, período de fixação, onde os frutos jovens estão na fase de divisão celular (DAL CIN et al., 2009a, 2009b).

Características microrregionais de clima, como nebulosidade, também podem interferir na frutificação efetiva com cita Fioravanço et al. (2010) que a ocorrência de dias nublados, com chuva mesmo que em volume reduzido, prejudica a polinização.

O fato é que comumente não é dado atenção, é para as condições que ocorreram antes da florada e na fase frutificação efetiva e estas são tão importantes quanto às condições que ocorrem após estes eventos (ROPER, 2005). A qualidade da flor tem um papel importante na porcentagem de frutos que vão ser fixados (WEBSTER, 2002). Flores de baixa qualidade são as mesmas que são incapazes de fixar fruto ou as mesmas que fixam frutos somente se forem afortunadas das condições favoráveis para polinização e fertilização (WEBSTER, 2002).

Uma das características de flores de baixa qualidade é o curto período efetivo de polinização. Isto é a diferença entre a longevidade do óvulo e o tempo necessário para que o tubo polínico cresça, em outras palavras, o tempo em dias depois da antese em que a flor permanece capaz de desenvolver sementes fertilizadas e fixar o fruto se polinizada com pólen viável (WILLIANS, 1984).

Uma florada abundante nem sempre é sinônimo de elevada frutificação, como citado anteriormente, existe competição entre os frutos por reservas. Do contrário, um número de flores não abundante pode ser suficiente para uma frutificação efetiva e produtividade satisfatória (VERCANNEN et al., 2010). Isto leva a conclusão que poucas flores em uma planta podem permanecer com boa qualidade resultando em uma maior percentagem de frutificação efetiva se comparado a árvores com abundância de flores, este fato deve ser considerado desde o momento da poda. DAL CIN et al. (2005) cita que de fato plantas que brotam menor número de frutos a abscisão é significativamente reduzida.

Na literatura relatam que a frutificação para uma produção comercial dependente da intensidade de floração, que é variável conforme cultivar condições climáticas entre outros, sendo que de 0,5% a 10% de flores fecundadas seja necessário para produção plena (DENNIS, 1996). Outros autores relatam que cerca de 5% a 10% das flores das plantas, quando fixadas são suficientes para que se tenha produtividade equilibrada, porém em anos com situações adversas para os eventos necessários para uma boa frutificação, como chuvas na florada, que não favorecem a polinização ou floradas de com número reduzido de flores a necessidade de frutificação efetiva são maior do que o 5% a 10% assim se recomendando a utilização dos reguladores de crescimento (HAWERROTH e PETRI, 2011)

Reguladores de crescimento em pereiras, como ácido giberélico (GA3), Giberelinas 4+7 (GA 4+7), GA4+7 + Benziladenina (6-BA), aminoethoxyvinilglycine (AVG), Prohexadiona de cálcio (Pro-Ca) são potenciais ferramentas para incrementar a frutificação efetiva se aplicados no correto estágio fenológico e na dose correta (LAFER, 2008). Estes podem ser também em macieira assim como é amplamente utilizado o Tidiazuron (TDZ), N-fenil-N'-1,2,3-tiadiazol-5-ilurea, nas condições brasileiras, apesar de causar deformações nos frutos em dependendo da dose (PETRI, 2008).

O TDZ é uma citocinina sintética conhecida por aumentar a frutificação efetiva e provocar multiplicação celular desordenada na extremidade distal dos frutos que resulta em uma deformação. Essa deformação foi registrada por Petri (2008) onde os frutos eram mais alongados. A aplicação de TDZ aumentou a frutificação efetiva da cultivar Gala, principalmente quando aplicado em plena floração, porém reduziu o número de sementes (PETRI et al. 2001).

Em hipótese o $GA_{4+7} + BA_3$ pode aumentar a frutificação efetiva da macieira por aumentar os níveis de giberelina internos, mimetizando a giberelina que também é produzida naturalmente pelas sementes quando as mesma já estão formadas e fecundadas. Diferentes giberelinas podem ser aplicadas como GA-3 ou GA₄₊₇ para aumento da frutificação efetiva sendo que o GA-3 é o mais amplamente utilizado para indução de partenocarpia. Em pereiras aplicações de $GA_{4+7} + BA_6$ em diferentes estágios fenológicos incrementaram a produtividade na cultivar Abate Fetel, mas a eficiência variou dependendo do local e no ano de aplicação, (Vilardell et al. 2008).

Os inibidores de crescimento vegetativo, T-pac e Pro-Ca, podem aumentar a fixação de frutos por reduzir a competição por reservas entre a parte vegetativa e produtiva. Uma classe de inibidores da biossíntese de Giberelina é os ciclo hexanetrones, que tem a habilidade controlar o crescimento vegetativo (RADEMACHER et al., 1992) classe na qual está incluso o Prohexadiona de Cálcio, que tem a particularidade de aumentar a produtividade em macieiras e reduz a necessidade de poda (GREENE, 2007).

A abscisão de frutos jovens, mesmo após a fertilização e durante o Junedrop (queda de junho- novembro no hemisfério sul), tem sido, pelo menos em parte, associado a competição por carboidratos por cada fruto e entre frutos e ramos vegetativos (YUAN e GREENE, 2000). O controle do vigor, do crescimento vegetativo em macieiras, advindo da aplicação de ambos, Pro-Ca e T-Pac é devido a inibição das etapas finais da biossíntese de giberelinas proporcionada por estes compostos, gerando a hipótese que reduzindo o crescimento vegetativo, reduz a competição pelas reservas e possivelmente não ocorra indução de abscisão.

As giberelinas que são responsáveis pelo alongamento dos ramos são as GA-1 ativas, que tem como percussor imediato a GA-20, que é inativa para alongamento. Para que ocorra a conversão da GA-20 para a GA-1 existe uma enzima que chama-se $GA_{20-3\beta}$ -hidroxilase (RADEMACHER, 2009). O prohexadiona de cálcio atua a biossíntese da giberelina por atuar interferindo na 3β -hidroxilação (Kim et al. 2007). O resultado de balanço hormonal na planta é que as giberelinas ativas são reduzidas (GA1) e a quantidade das inativa GA-20 é aumentada, pois a conversão de GA20 para GA1 está bloqueada pelo fitorregulador (RADEMACHER, 2000).

Os resultados da utilização de reguladores de crescimento nem sempre são os mesmos. Resultados são influenciados por ser dependente de fatores relacionados com aspectos da planta, qual a espécie que está recebendo o tratamento, época em que recebeu aplicação, concentração do PGR utilizado, porém considera-se que a época de aplicação pode ser mais importante que as doses utilizadas para aumento de frutificação (LEITE et al., 2010).

3.6. CRESCIMENTO DO FRUTO

A maioria dos produtores busca produzirem frutos de tamanho grande, melhor remunerado, conciliando com produtividade adequada. Para atingir a este objetivo, produtores podem considerar os fatores que influenciam o tamanho dos frutos de maçã e a importância de cada fator, os quais podem ser genéticos, de práticas culturais e condições ambientais.

A obtenção de uma adequada produtividade com frutos dos maiores calibres, a carga de frutos não significa apenas manejá-los para ter frutos do tamanho desejado, mas significa também fazer o processo de colheita e embalagem mais eficiente. Ser eficiente ao manejá-los as plantas para obter maior calibre de frutos pode fazer diferença na lucratividade de diferentes maneiras.

O crescimento do fruto depende do parâmetro considerado para tamanho, como largura no sentido equatorial, volume ou peso fresco. Estes padrões são frequentemente utilizados por terem sentido comercial. Na fruticultura é importante medir a acumulação de crescimento absoluto dos frutos, que gera valores de calibre e curvas, que servem para serem associadas a certas práticas culturais, como a prática de raleio por exemplo.

Para alguns autores a curva de crescimento dos frutos de maçã é representada por uma sigmoide simples, a qual tem uma etapa de crescimento lento, outra de grande crescimento e no final uma fase de crescimento lento até a colheita (SALAYA, 2012). Avaliando diferentes cultivares encontrou-se que todas as cultivares crescem desde a frutificação efetiva até a colheita com uma curva sigmóide regular simples (ATAY et al., 2010). Em condições de competição mínima de carga ou crescimento vegetativo, os frutos crescem exponencialmente por três a seis semanas após a floração e depois linearmente até a colheita (LAKSO et al., 1995; LAKSO e GOFFINET, 2013). Outro autor medindo sempre os mesmos frutos, cuidadosamente e com frequência percebeu um período curto de lento crescimento entre dois rápidos originando uma curva dupla sigmoide (SCHECHTER et al., 1993).

No caso de considerar o crescimento como uma dupla sigmoide, a primeira fase de crescimento rápido está associada diretamente com a multiplicação celular que está ocorrendo neste período e início de elongação. Uma segunda fase caracterizada por uma queda abrupta no crescimento coincide com o final da divisão celular e o esgotamento das reservas da planta (HANSEN, 1971).

O número de células, tamanho de cada célula e o espaço de ar entre as células são os fatores que podem influenciar no tamanho dos frutos. Um fruto médio de maçã possui milhões de células, porém inúmeras literaturas trazem diferentes valores. Algumas maçãs têm seu tamanho grande por possuir um número grande de células outras maçãs tem o tamanho grande por possuir células com tamanho grande (HIRST, 2013).

O tamanho final de uma maçã é determinado pelo número e o tamanho das células de um fruto, assim o tamanho é coordenado pela produção (multiplicação) de células e expansão das mesmas durante o crescimento e desenvolvimento do fruto.

O crescimento precoce dos frutos de maçã é facilitado pela proliferação de células onde o número de células é generosamente amplificado durante 3-4 semanas após a polinização e fertilização (BAIN e ROBERTSON, 1951; DENNE, 1960; HARADA et al., 2005), podendo chegar a 50 dias após a floração. Em estágios mais tardios o crescimento dos frutos está amplamente associado com a expansão celular.

Genes que regulam a produção de células e/ou a expansão celular podem controlar o tamanho final dos frutos. O fator genético é o fator número um, sendo a genética da cultivar responsável pelo tamanho do fruto. Tomando por base uma maçã conhecida no Brasil como polinizadora, cultivar Everest, Hilary, as maçãs que em inglês são chamadas de *crab apples*, não importa o que o técnico recomende ou o produtor faça, essas frutas serão sempre pequenas. Por outro lado, a cultivar Mutsu tende a produzir frutos grandes, isso demonstra de forma prática e nítida que a genética afeta o número de células e o tamanho das células (HIRST, 2013), por consequência o tamanho dos frutos.

Diferenças no tamanho de frutos na colheita são resultados observados da diferença no número de células e não no tamanho das células, como no estudo realizado em 1967, o qual mostrou que pequenas frutas de 'Golden Delicious' tinham apenas dois terços do total de células de uma fruta grande na mesma árvore, sendo que nas frutas pequenas os tamanhos das células eram de 90% das células dos frutos grandes (MCARTNEY, 2013)

As práticas culturais, como o manejo da carga de frutos visa equilibrar o número de frutos por planta conforme o tamanho da planta, este é a maneira mais expressiva em termos de resultados em que os produtores podem influenciar. Fazendo o raleio, irá reduzir a carga de frutos permitindo aos frutos que ficam na

planta vir a serem maiores. O raleio aumenta o tamanho de frutos permitindo maior aporte para número de células nos frutos que ficam na planta. Geralmente, quanto mais cedo se realiza a prática do raleio, melhor é o incremento no tamanho de frutos. Outras práticas culturais que influenciam o tamanho de frutos são a poda, polinização, nutrição e manejo do solo (HIRST, 2013).

Existem também os fatores ambientais, sendo os mais importantes: temperatura e luz. O período crítico de crescimento do fruto compreende as cinco primeiras semanas após a plena florada. Podem-se esperar frutos de maior tamanho quando se tem temperaturas mais altas, tempo ensolarado no início da estação do que em anos que com muito frio e tempo nublado. Temperaturas altas aumentam o tamanho dos frutos provendo condições para que as células aumentem de tamanho (HIRST, 2013), promovendo maior multiplicação celular. A luz, a radiação fotossinteticamente ativa é importante para reter os frutos fixados e para posterior crescimento em tamanho e matéria seca e interação com a carga de frutas. Ambientes artificialmente sombreados, com redução de luz, promovem abortamento de frutos.

A condição, capacidade da planta influencia no tamanho das maçãs, pois influencia no vigor e qualidade das gemas e por consequência na multiplicação celular e no desenvolvimento da gema mista, da mesma forma tem influencia o de reservas, como os carboidratos e elementos nutricionais, e obviamente também está associado com a carga de flores e frutos. A quantidade de nitrogênio de reserva é de importância para frutificação e para divisão celular, sendo que como nitrogênio aumenta a capacidade fotossintética e a proporção área foliar/fruto (XIA et al., 2009). A fase de diferenciação floral até a antese quanto e a fase posterior à antese, eventualmente vão determinar o tamanho final dos frutos (THERON, 2011).

Tanto a frutificação quanto o desenvolvimento de frutos estão relacionados a disponibilidade de carboidratos, que depende de fotossíntese eficiente e temperaturas moderadas, da demanda de carboidrato por todos os órgãos da planta e do consumo baixo em noites frescas (LAKSO, 2011). A disponibilidade de água é o fator mais importante 30-50 dias após a plena floração para manter a expansão celular, qualquer déficit neste período provoca redução no calibre (NAOR, et al., 2008).

A cultivar Gala no sul do Brasil não encontra as melhores condições ambientais de desenvolvimento, apesar deste fator, produtores plantam clones

dessa cultivar, recobertos por estrias vermelho intenso, com percentual da epiderme recoberto mais do que 40% buscando enquadramento na categoria de melhor remuneração (CAT-1), superando deficiência de cor, porém os clones esbarram no tamanho dos frutos que não é aumentado pelos mesmos.

A falta de frio hibernal e a ocorrência de temperatura elevada durante o período de dormência afeta diretamente a formação das gemas e a qualidade das mesmas. As gemas acabam por não reter ou não chegam a acumular quantidade de carboidratos que acumulariam se não houvesse estes eventos climáticos, havendo consequência, junto há outros fatores, direta na qualidade da brotação e na qualidade das flores, racemos florais, sendo um dos fatores que iniciam os frutos de baixo calibre.

Na Austrália em condições com número de horas de frio insuficientes a divisão celular não é máxima, sendo limitada (WESTWOOD, 2009), considerando essa situação, há uma grande semelhança com o Brasil, pois não se tem o número ideal de horas de frio para a produção de maçãs. Altas temperaturas no período de dormência resultam em florações deficientes, forte dominância apical, padrões de crescimento não sincronizados e, consequentemente, baixos rendimentos (HAWERROTH, 2010). Se uma árvore caduca recebe a quantidade necessária de horas de frio a divisão celular é máxima, sendo que outras condições climáticas também devem corroborar (WESTWOOD, 2009).

3.7. REGULADORES DE CRECIMIENTO

Hormônios Vegetais é um nome restrito para compostos orgânicos que são produzidos e ocorrem naturalmente nas plantas que mudanças fisiológicas. Quando são sintetizados, até mesmo os hormônios produzidos pelas plantas ou produzidos a partir de algum microrganismo, são chamados de reguladores de crescimento (BISHT *et al.*, 2018).

Hormônios vegetais podem ser agrupados em cinco classes de componentes: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno, recentemente outras classes vêm sendo descobertas e estudadas, como os jasmonatos, brassinosteróides e poliaminas. Segundo a Fruit Section of International Society for Horticultural Sciences (ISHS), ao invés de utilizar o termo “reguladores de crescimento em plantas” o termo “biorreguladores” deve ser preferencialmente

utilizado (BUBAN, 2000), apesar disso os termos fitorreguladores e reguladores de crescimento continuam sendo amplamente utilizado.

Biorregulador e bioestimulante são nomenclaturas que se referem a diferentes coisas, cabendo colocar neste momento a descrição destas nomenclaturas. O biorregulador é um composto aplicado a planta, de origem orgânica, incluindo os hormônios vegetais neste grupo. Estes biorreguladores podem em baixas concentrações promover, inibir ou modificar processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. O bioestimulante é definido como uma mistura de dois biorreguladores ou a mistura de um biorregulador com outro composto de natureza química distinta como aminoácidos, vitaminas, sais minerais, etc. (MACEDO e CASTRO, 2015).

Cada vez mais os reguladores de crescimento estão presentes na produção agrícola. Cientistas e fisiologistas vegetais pesquisam como os hormônios das plantas podem ser efetivamente utilizados na agricultura, horticultura, pomicultura e outros campos afins. Eles têm uma ampla utilização e gama de efeitos, sendo que a maioria das respostas depende da concentração e época utilizadas. Vários são os hormônios sintetizados, podendo até mesmo ser mais potentes do que os hormônios naturalmente presentes nas plantas.

Esses sinais promovidos pelos fitorreguladores e hormônios vegetais são em sua maioria pequenas moléculas que há baixas concentrações permitem a regulação e coordenação do desenvolvimento vegetal, em face as mudanças internas (fatores endógenos) e externas (fatores ambientais) (RIGAL et al., 2014)

Já os hormônios são comumente definidos como uma substância orgânica que é produzida em uma parte da planta e translocado para outra parte da planta, onde em concentrações muito baixas estimulam uma resposta fisiológica (TAIZ e ZEIGER, 2004). Estes compostos naturais alteram o desenvolvimento em concentrações mais baixas do que nutrientes ou vitaminas (DAVIES, 2010). Hormônios de plantas são cruciais na sinalização de moléculas que coordenam todos os aspectos das plantas: crescimento, desenvolvimento e defesa (SHAN et al. 2012), dependendo do hormônio envolvido, a concentração, a época e em qual parte da planta está atuando.

A quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas são importantes fatores financeiros para o sucesso do negócio. Diferentes são campos de atuação dos reguladores de crescimento visando a obtenção de melhores rendimentos à campo e consequentemente maiores lucros.

Os fitorreguladores são amplamente utilizados na propagação de plantas vegetativamente, principalmente para indução da emissão de raízes. Em alguns cultivos multiplicam colmos e ramos, emitem ramos em plantas de viveiros, ampliam a área foliar, alongam o entrenó em outras. Em algumas culturas garantem a fixação de frutas, como no caso do meloeiro (ANNU et al., 2017), desenvolvendo frutos sem sementes e inibem o crescimento vegetativo (BISHT et al., 2018). Além disso, fitorreguladores podem evitar a queda de frutos pré-colheita, evitando que haja a formação da camada de abscisão (ROBINSON et al., 2010).

A conservação de produtos agrícolas antes de serem comercializados é também uma área onde os reguladores de crescimento são amplamente e efetivamente utilizados. Estes podem inibir a produção natural de hormônios mantendo a qualidade e não permitindo a maturação acelerada dos frutos o que levaria a perda de qualidade para serem comercializados. Por exemplo, em maçãs inibidores de etileno associados a um arranjo de temperatura, umidade e balanço de gases, permite o armazenamento por períodos diferenciados, normalmente mais longos (BRACKMANN et al., 2014). Não apenas frutos, mas em outras culturas como flores, bulbos, rizomas são preservados evitando deterioração e brotação enquanto são armazenados, pela utilização de reguladores.

Apesar de inúmeros benefícios, alguns hormônios podem ser efetivos para alguns resultados em algumas plantas, porém podem falhar e não produzir os resultados esperados em outras.

As respostas das plantas podem variar devido a uma gama de fatores, sendo importante ter um detalhamento das condições em que o regulador de crescimento foi aplicado e uma descrição da resposta nas plantas, para então chegar a conclusões mais específicas sobre as aplicações realizadas na cultura de interesse.

A efetividade do tratamento com reguladores de crescimento é determinada em parte por como este foi absorvido pela planta, fatores com condições climáticas, exemplo: temperatura no momento, dias antes e dias depois da aplicação, vigor da planta e idade, dose, estádio fenológico/época, cultivar, tudo isso pode afetar a resposta de um ano para o outro.

Uso de fitorreguladores na macieira tem sido utilizado para vários objetivos, sendo que o mesmo regulador em diferentes estágios e doses pode ter funções antagônicas. Podem ser utilizados em programas de raleio, regulação de

crescimento, ajustando o período de colheita retardando a maturação, aplicado após a colheita, entre outros.

O mecanismo de ação destes produtos começa quando são absorvidos pelas células das plantas, primariamente através das folhas e dos frutos onde interagem com o “maquinário” bioquímico da planta. Eles trabalham mimetizando, imitando os hormônios que ocorrem naturalmente nas plantas ou inibindo a produção ou a ação natural dos hormônios (ROPER, 2005). A cultura pode sofrer injúrias se for utilizado reguladores demasiadamente, por outro lado pode a resposta não ser adequada se uma dose pequena for aplicada. Há diversos outros fatores que podem ser afetados pelo uso de reguladores de crescimento.

A combinação de reguladores de crescimento também pode ser utilizada. Não necessariamente a combinação de reguladores de crescimento deve estar na mesma aplicação. A combinação pode ser a aplicação de um regulador de crescimento em plena floração e outro regulador na fase de queda de pétalas, por exemplo. A combinação de reguladores pode ser encontrada pronta em um produto comercial, por exemplo, o Promalin® que tem em sua fórmula a combinação de citocinina e duas giberelinas, GA₄₊₇ + BA₆, assim podendo ser considerado um bioestimulante (MACEDO e CASTRO, 2015).

No Brasil, na produção de maçãs, diversos os reguladores utilizados são GA 4+7, BA-6, TDZ, Pro-Ca, AVG, 1-MCP, mistura ou combinação deles, entre outros. Em teoria, entendendo a fisiologia da planta e qual a dinâmica de desenvolvimento do fruto, é possível realizar aplicações específicas de reguladores de crescimento buscando resultados previamente pretendidos, desde a quebra de dormência até o armazenamento de frutos.

3.8. ABSCISÃO

Abscisão pode ser definida como a separação de uma parte da planta, folha, flores, frutos sementes, pedúnculo ou alguma outra parte a partir da planta mãe (ARTECA, 1995), sendo que esta separação se da por um processo morfogenético, o qual é regulado geneticamente e possui diferentes funções na vida da planta.

Para que ocorra a abscisão do fruto, jovem ou já na fase de maturação deve fundamentalmente ocorrer formação de uma camada onde a separação entre fruto e planta irá acontecer. Separação dos órgãos, tanto flores (cachopas florais) e frutos podem ocorrer apenas em camadas pré-determinadas formadas por células

especializadas, esta é chamada de zona de abscisão (ROBERTS, 2002) ou camada de abscisão.

A camada de abscisão é formada por uma ou mais camadas de células de parênquima com a parede fina distribuídas pelo pecíolo e excluindo o feixe vascular (ARTECA, 1995). A diferenciação da camada de abscisão ocorre em um período longo antes da separação do órgão estar destinada a acontecer. A formação da camada de abscisão é também regulada hormonalmente, e entendesse que o etileno induz a formação da camada de abscisão, enquanto o ácido indol acético (IAA) determina aonde irá ocorrer (ROBERTS et al. 2002)

O etileno é formado a partir da metionina através da S-adenosil-L-metionina (SAM) em ácido1-aminociclopropano-1-carboxílico (YANG e HOFFMAN, 1984). A conversão de SAM em 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) e ACC em etileno são os passos limitantes na taxa de biossíntese do etileno e são catalisados pela ACC-sintase (ACS) e ACC-oxidase (ACO), respectivamente (ALEXANDER e GRIERSON, 2002)

Os genes que codificam para a produção de ACC e ACO e a sua expressão são estimulados por vários fatores bióticos e abióticos (WANG et al., 2002). Em maçãs cinco genes ACS foram isolados e caracterizados MdACS1, MdACS2, MdACS3, MdACS5A e MdACS5B e um gene ACO, o MdACO1 foi isolado e caracterizado, sendo que destes, os genes MdACS5B e MdACO1 estão relacionados com a produção de etileno em frutos novos, jovens (DAL CIN et al., 2005; LI e YUAN, 2008).

Após o etileno ser produzido ele é identificado por receptores que estão na membrana, que transmitem o sinal e desencadeiam a uma série de processos de crescimento e desenvolvimento de plantas associadas ao etileno (KLEE, 2004). Em maçãs os receptores de etileno da membrana que fazem parte do processo são os genes MdETR1, MdETR2, MdERS1, e MdERS2 e o gene de transdução MdCTR1, estão envolvidos na maturação dos frutos e na abscisão de frutos novos, jovens (DAL CIN et al., 2005; LI e YUAN, 2008).

Junto com o aumento na taxa de produção de etileno, há um aumento na expressão dos genes e atividade das enzimas associada a degradação da parede celular, como a b-1,4-glucanase (celulase ou EG) e poligalacturonase (PG) (BONGHI et al., 2000; ROBERTS et al., 2002), que causam a dissolução da lamela média das células na zona de abscisão e finalmente no órgão para ocorrer abscisão.

Outros genes envolvendo o metabolismo secundário, outros relacionados com patogêneses também são ativados no processo de abscisão (ROBERTS et al., 2002).

A definição do dicionário ‘Príberam’ para abscisão é: corte, excisão de uma parte mais mole do corpo. Para macieira consideramos a zona de abscisão ou camada de abscisão dos frutos como uma região anatômica no pedicelo, pedúnculo, do fruto onde estes são naturalmente separados da planta. Está localizada na junção do pedicelo com o esporão.

A separação do fruto pela camada de abscisão ocorre ao longo de um plano onde as paredes celulares são desintegradas sem divisão ou diferenciação (MC COWN, 1943), formando a região de fratura apenas em poucas camadas de células. O estímulo para formar a camada de abscisão pode ser dado por moléculas de hormônios ou de elicitores que se ligam aos receptores das células e desencadeiam uma via de transdução de sinais (TAYLOR e WHITELAW, 2001). Acredita-se que esse seja o efeito do hormônio etileno.

A formação da camada de abscisão é um processo de desenvolvimento altamente regulado que é influenciado e ativado em resposta a sinais internos ou condições ambientais (TAYLOR e WHITELAW, 2001). Mesmo assim, a identidade do sinal responsável pela ativação da camada de abscisão é desconhecida (DAL CIN et al., 2005).

Em geral, os hormônios que inibem a abscisão dos frutos são as auxinas e as giberelinas e os promotores da abscisão são o etileno e o ácido abscísico (ESTORNELL et al., 2013), auxinas podem ser precursoras da produção de etileno dependendo da dose utilizada. Auxinas são produzidas pelas sementes, com intenção de “dessensibilizar” a camada de abscisão ao etileno e prevenir a abscisão em diversos sistemas, como em maçãs (DRAZETA et al., 2004). Em condições supra ótimas as auxinas estimulam a produção de etileno e provocam abscisão (TAIZ E ZEIGER, 2003).

A maçã é um modelo de fruta para ser estudada quanto a geração do sinal para abscisão em frutos jovens em desenvolvimento (BOTTON et al., 2011; ECCHER et al. 2014), esta desenvolve corimbos florais com um claro gradiente de correlação de dominância relacionado com a posição e com o tamanho dos frutos no corimbo. A dominância presente é naturalmente responsável pela fisiologia da queda dos frutos (ECCHER et al., 2015).

Os mecanismos de produção de etileno, em maçãs, após floração, que provocam abscisão, com os frutos ainda jovens ou nas frutas pré-colheita são diferentes, porém a produção de etileno em frutos propensos a abscisão ocorre em ambos os eventos (ARSENEAULT e CLINE, 2016). Comparando a evolução do etileno e a queda de frutos em duas populações de frutos jovens, uma apta a abscisão e outra não apta, observa-se que a abscisão está relacionada com o etileno endógeno, reconfirmando o envolvimento do hormônio na abscisão de maçãs (DAL CIN et al., 2005) e demonstrado em outras espécies como o pêssego (RUPERTI et al., 1998).

Fazendo análise molecular repetidas vezes, para quantificar a expressão dos genes envolvidos na abscisão dos frutos, de frutos da cultivar 'Golden Delicious', propensa a abscisão pré-colheita, e da cultivar 'Fuji' não propensa a abscisão, durante o período de colheita encontraram que os genes MdACO1 (ACC-oxidase) e MdACS5A (ACC-sintase) aumentavam rapidamente na cultivar 'Golden Delicious', tendo o mesmo comportamento na camada de abscisão, diferente da cultivar 'Fuji' que não mudava os níveis (LI et al., 2010), pressupondo que estes genes estavam ligados diretamente com a susceptibilidade a formação de camada de abscisão e queda pré-colheita.

Frutos jovens da cultivar 'Fuji' quando receberam tratamento de BA-6 (raleante químico) para que ocorresse a abscisão dos frutos tiveram a expressão do gene MdACS5A aumentado, porém frutos provenientes da flor rainha, chamados frutos centrais, o gene era expressado a uma taxa constante ou decrescente (DAL CIN et al., 2005).

Em um ensaio com uma gama de 144 cultivares, híbridas, selvagens e domésticas, foi visto que a concentração interna de etileno em cultivares propensas a abscisão pode variar de $0,03 \mu\text{L}^{-1}$ até $900 \mu\text{L}^{-1}$, e cultivares não propensas a abscisão também são capazes de produzir altas taxas de etileno, chegando a de $580 \mu\text{L}^{-1}$ (HARB et al., 2012; SUN et al., 2009). O etileno presente camada de abscisão, comparado com a concentração interna de etileno, pode ser mais relevante para abscisão, podendo explicar a falta de correlação entre índice de etileno do córtex e abscisão (ARSENEAULT e CLINE, 2016).

A expressão dos genes pode diferir conforme o estágio de desenvolvimento. Quando todos os receptores de membrana de etileno receberam o etileno eles ativam a rota metabólica de transdução que promovem morte da semente e

abscisão. Um fruto lateral do racemo, ele está em um estágio de desenvolvimento mais precoce do que a fruta central (proveniente da flor rainha polinizada) que por sua vez brotou antes, a proporção de produção de etileno é maior em relação ao número de receptores no fruto lateral do que na fruta rainha. Este modelo prediz uma relação inversa: onde há uma baixa distribuição de receptores, há uma contribuição para maior sensibilidade ao etileno, pois necessita menor quantidade de etileno para que esteja saturado (ECCHER et al. 2015).

A abscisão de frutos jovens é um processo morfogenético principalmente envolvendo frutos laterais do racemo em macieira que são menores e estão em estágio de desenvolvimento mais precoces do que a fruta central. O pico de etileno precede a queda dos frutos jovens em 13 dias o que permite indicar que frutos jovens necessitam uma fase de espera para desenvolver sensibilidade ao etileno na camada de abscisão e serem destacados da planta (DAL CIN et al., 2005).

O ambiente também aparece como um estímulo para abscisão de frutos, porém com uma ampla variação, na quantidade, intensidade de queda, conforme as diferenças entre os pomares, diferindo de um ano para outro mesmo pomar (BASAK e BUCZEK, 2010). As condições do local que podem variar entre anos e os locais incluem: vento, temperatura, nutrição, água, luz solar e pressão de doenças. Sobre condições extremas a planta pode ser depravada de alguns recursos e responder através de crescimento e desenvolvimento (BAENA-GONZALEZ e SHEEN, 2008). Estes fatores ambientais fazem com que ocorra variação na abscisão induzindo queda de frutos em diferentes estágios e em diferentes níveis de severidade.

Quando induzida a produção de etileno através da aplicação de ácido naftaleno acético (ANA) em maçãs, o pico de abscisão de frutos foi no décimo quarto dia após a aplicação. Quando aplicado ANA para estimular o aumento do etileno houve um aumento na abscisão de frutos e nas mesmas plantas, aplicado um inibidor de etileno onde houve uma redução na abscisão dos frutos em maçãs da cultivar 'Delicious' (ZHU et al., 2008)

Dal Cin et al. (2005) diz que o nível de transcritos do gene receptor do etileno MdERS1 na camada de abscisão, nos dias 5 e 7 após a queda de pétalas, pelo menos em parte explica o pico de abscisão que ocorre mais tarde. Um incremento na evolução e/ou na sensibilidade de etileno na camada de abscisão poderia regular a expressão de genes que codificam especificamente para hidrolase da parede

celular das células levando a uma separação da camada de abscisão e queda do fruto jovem (BONGHI et al., 2000)

O fitorregulador AVG é amplamente utilizado para retardar a maturação, possibilitando escalonamento de colheita, controla a abscisão pré-colheita (Li e Yuan, 2008; Yuan e Li, 2008), principalmente em cultivares mais sensíveis queda pré-colheita como a 'McIntosh' (ROBINSON, 2010). Diferentes são as estratégias utilizadas pelos produtores em relação ao uso de AVG, variando quanto dose, número de aplicações, período antes do ponto de colheita comercial, podendo variar de trinta dias a uma semana antes do ponto de colheita; e alguns produtores fazem aplicações direcionadas, por exemplo, apenas na parte superior da copa das plantas. Ele é um inibidor da biossíntese do etileno que inibe a atividade da ACC-sintase (ACS) que por sua vez inibe a formação do ACC que é o precursor natural do etileno (TAIZ e ZEIGER, 2003). Aplicação do AVG inibe a produção de etileno no fruto e a expressão dos genes que expressam a ACC sintase e a ACC oxidase, respectivamente MdACS1, MdACS5A, e MdACO1, retardando a maturação e retardando a abscisão em maçãs (Li e YUAN, 2008; YUAN e CARBAUGH, 2007).

A aplicação de etileno exógeno estimula a abscisão em uma ampla gama de espécies de plantas, e os inibidores da biossíntese ou da ação deste hormônio, não só inibem a abscisão induzida pelo etileno, mas também induzida por outros estresses (REID, 1985).

A aplicação de raleantes químicos tais como o ANA ou o BA-6 aumentam a abscisão de frutos jovens através do incremento na produção de etileno (Mc ARTNEY, 2002). A aplicação de AVG reduziu a expressão dos genes receptores e de produção do etileno: MdACS5A, MdACS5B, MdACO1, MdETR1a, MdETR1b, MdETR2, e MdERS1, na camada de abscisão, os quais tiveram a expressão induzida pela aplicação de ANA em maçãs da cultivar 'Delicious' (ZHU et al., 2007)

Não somente em macieiras, mas em outra pomácea como a pereira o AVG quando for aplicado logo após a plena floração incrementa a frutificação efetiva (DUSSI et al., 2002), quando aplicado ao final da floração de pereira "Willians" incrementou a produtividade quando comparado ao controle (LAFER, 2008).

A frutificação efetiva em plantas de pêra "Packaham's Triumph" que receberam aplicação de AVG duas semanas após a plena floração nas doses de 200 mg L⁻¹, 400 mg L⁻¹ e controle foram avaliados após o *June drop* (queda de junho-novembro no hemisfério Sul) encontrando que a frutificação efetiva maior foi

com a maior dose, entretanto a dose menor também incrementou a frutificação efetiva em relação ao controle (DUSSI et al., 2002).

Em outro estudo de DUSSI et al. (2011) ainda com pereiras, cultivares Abate 'Fetel' e 'Packham's', encontrou que AVG quando aplicado em plena floração não foram estatisticamente superiores ao controle, porém quando aplicados uma semana após a plena floração obtiveram-se os melhores resultados. No estudo as doses que obtiveram os melhores resultados foram 300 mg L⁻¹ para 'Abate Fetel' e 200 mg L⁻¹ para 'Packham's Triumph'.

Lombard e Richardson (1982) encontraram um aumento significante na frutificação efetiva seguindo uma aplicação de AVG em pereiras da cultivar Comice de sete anos de idade nos estados unidos. Em outro estudo, no Brasil, a aplicação das concentrações de 50 mgL⁻¹, 100 mg L⁻¹ e 200 mgL⁻¹, em plena floração, em pereiras 'Garber' enxertadas sobre '*Pyrus calleryana*', não foram estatisticamente diferentes da testemunha (TAVARES et al., 2002).

Não somente com a utilização do AVG, mas novamente em pereiras, aplicações de Promalin®, GA-4,7 + BA-6, em diferentes estágios fenológicos incrementaram a produtividade na cultivar Abate Fetel, mas a eficiência variou dependendo do local e no ano de aplicação, sendo que a estratégia que demonstrou melhor eficiência foi Promalin® combinado com a aplicação de Pro-Ca 15 dias após a queda de pétalas (VILARDELL et al., 2008)

Em pereiras asiáticas (*Pyrus pyrifolia* (Burm) Nakai) utilizando os fitorreguladores TDZ e ácido giberélico-3 (GA-3) individualmente ou em combinação demonstraram que, quando aplicados em plena floração, incrementam a frutificação efetiva e a produção. A Pro-Ca utilizada sozinha ou em combinação ao Tidiazuron e ao ácido giberélico, não proporcionou aumento da produção de frutos (Hawerroth et al., 2011).

O interesse em aplicar reguladores em combinação é de explorar a ação em diferentes mecanismos de controle de queda de frutos, em diferentes momentos. Rufato et al. (2011) utilizou a combinação de Promalin® (1ml L⁻¹) em plena floração, seguido de uma aplicação de AVG (Retain® 2g L⁻¹) 15 dias após a plena floração, o qual incrementou significativamente o número total de frutos por planta e a produtividade das cultivares de pêra 'Packham's Triumph'.

Segundo Davies (2010) a investigação é desafiadora visto que a influência dos hormônios das plantas depende da concentração, da localização e da

sensibilidade do tecido da planta. Precisamente os mecanismos do etileno na abscisão dos frutos não estão totalmente claros, porém é evidente a importância deste componente na abscisão. Para melhor entender o contexto do etileno este vai ter que ser mais bem estudado em períodos de desenvolvimento, estágio fenológico, específicos com foco na abscisão e ser estudado em nível de tecido, celular e molecular.

Vários foram os genes citados aqui, sendo que a expressão deles na camada de abscisão, se eles estão envolvidos no processo com um todo ou alguma participação com algum gene homólogo específico. A elucidação, o entendimento dos mecanismos moleculares como um todo na abscisão de frutos jovens é importante para práticas de frutificação efetiva e de raleio de frutos, podendo configurar novas estratégias.

4. ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O CURSO DE DOUTORADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

As atividades realizadas durante o doutorado, desde março de 2015, compreenderam os compromissos acadêmicos de cumprimento do número de créditos exigidos pelo curso de pós-graduação em produção vegetal, aprovação na proficiência da língua inglesa e espanhola, aprovação do projeto de doutorado, aprovação nas provas e banca de qualificação, participação no programa de doutorado sanduíche. Os experimentos que deram embasamento para esta tese foram conduzidos e avaliados e serão descritos posteriormente, levando em consideração a instalação de experimento, condução e as análises laboratoriais dos frutos colhidos e processamento de dados da safra 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, sendo que também contemplará o experimento conduzido durante o doutorado sanduíche na Universidade de Cornell durante a safra 2017 (Maio- Outubro).

Os experimentos implantados durante o doutorado no Brasil se concentraram em pomares comerciais no município de Correia Pinto - SC.

5. INCREMENTO DA FRUTIFICAÇÃO EFETIVA EM MACIEIRAS “MAXI GALA” COM A APLICACÃO DE FITORREGULADORES

5.1. MATERIAL E MÉTODOS

5.1.1. Descrição do experimento e local

Este experimento foi conduzido no município de Correia Pinto-SC, nos ciclos agrícolas de 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 em um pomar comercial. O pomar foi implantado no ano 2009, com densidade aproximada de 4.500 plantas por hectare, com espaçamento entre filas de 3,5 m e entre plantas 0,6m, na proporção de plantio 20% cultivar Maxi Gala e 80% cultivar ‘Fuji Suprema’, dispostas em filas inteiras de cada cultivar, ambas as cultivares enxertadas sobre o porta-enxerto M.9 (Pomar 1).

No ciclo de 2018-2019 foram conduzidos 2 experimentos, ambos no município de Correia Pinto. O pomar implantado em 2011, cultivar Gala enxertada sobre Marubakaido com filtro de M.9, espaçamento de 4m entre fileiras e 1,5 metros entre plantas, densidade aproximada de 1.667 plantas por hectare com fileira lateral da cultivar Fuji (Pomar 2). Neste experimento foi adicionado um tratamento utilizando dois produtos comerciais: Hold® e Stimulate®, fora este adicionado por ser o tratamento utilizado nas demais áreas do pomar no intuito de incrementar a frutificação efetiva.

O segundo experimento num pomar do ano de 2011, com espaçamento, 4,0 m entre fileiras e 0,6m entre plantas, aproximadamente 4.137 plantas por hectare, cultivar Maxi Gala, sobre M.9, sem plantio intercalado de Fuji (Pomar 3).

Os pomares estão localizados a cerca de 900 metros acima do nível do mar. O clima de Correia Pinto, conforme a classificação de Köeppen é do tipo Cfb: temperado úmido, com uma pluviosidade significativa longo do ano, mesmo o mês mais seco, com 94 mm no mês de julho. A pluviosidade média anual é 1516 mm, onde o mês de Janeiro é o com maior precipitação, apresentando uma média de 157 mm. A temperatura média anual em Correia Pinto é 16,4 °C, o mês de Janeiro é o mês mais quente do ano com média de 20,8 °C contra 11,8 °C de temperatura média de Julho (CLIMATE-DATA.ORG, 2019)

O manejo quanto aos tratamentos fitossanitários seguem o padrão comercial adotado pela empresa para controle de fungos e pragas. O manejo de adubação,

fertilização foliar e via solo, seguem o mesmo padrão em todas as parcelas do experimento.

As médias das temperaturas mínimas e máximas e a precipitação, radiação, umidade relativa do ar ao longo do desenvolvimento do experimento encontram-se nos gráficos disponibilizados online pelo INMET, providos pelo registro de dados da estação automática localizada em LAGES-SC, latitude -27.802228° , longitude: -50.335457° , altitude: 953 metros, (INMET, 2017), apesar de ser na cidade vizinha, é a estação mais próxima com estes dados (Anexos).

5.1.2. Tratamentos

Nos diferentes ciclos foram utilizados diferentes protocolos que estão descritos nas tabelas 1, 2, 3, 4 e 5, onde cada tabela apresenta o protocolo utilizado para ciclo, do ano 2015-16 até a safra 2018-19 (tabelas 10 e 11).

Com base nos resultados de cada ciclo conduzido, experimento do ciclo seguinte era aprimorado, ajustado utilizando estratégias diferentes

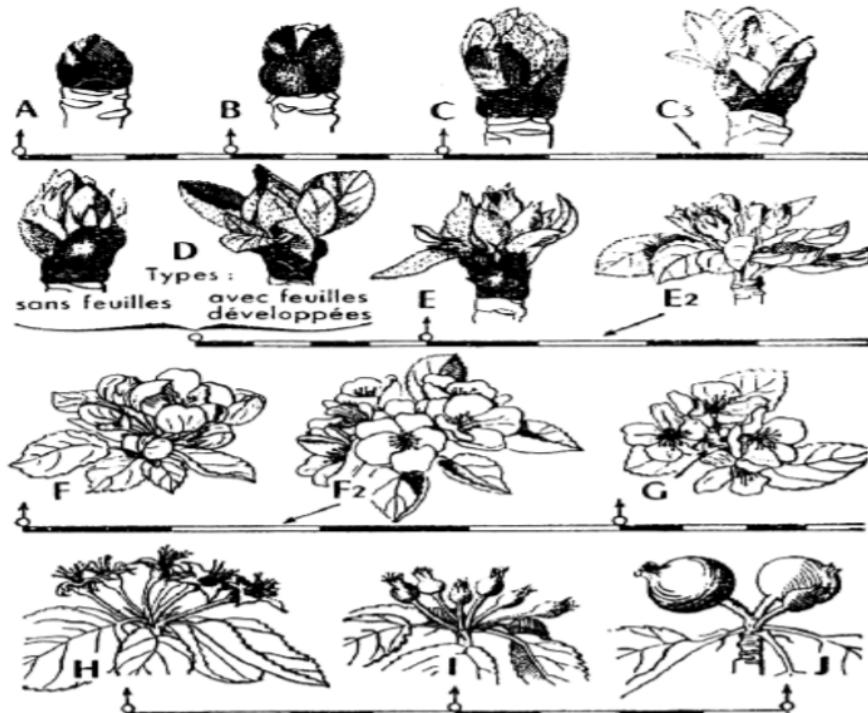


Figura 1. Estágios fenológicos da macieira, segundo Fleckinger (1953). (A): gema dormente, (B) gema inchada com ponta de prata, (C) pontas verdes, (C3) meia polegada verde, (D) meia polegada verde sem folhas, (D2) meia polegada verde com folhas, (E) botão verde, (E2) botão rosado, (F) início da floração, (F2) plena

floração, (G) final da floração, (H) queda de pétalas, (I) frutificação efetiva, (J) frutos verdes. (Fonte: Travers, 2004)

Em todos os ciclos os pomares onde os experimentos foram instalados receberam Cianamida hidrogenada (52,0% i. a.) associado a óleo mineral, para indução de brotação.

No ciclo 2015-2016 todos os tratamentos incluíram na mistura espalhante siliconado, surfactante na concentração de 0,03% (30 ml para 100 litros de calda/nome comercial Break Trhu[®]), já nos ciclos subsequentes não foram utilizados nenhum tipo de adjuvante.

O tratamento testemunha no ciclo 2015/16 e 2016/17 fora considerado o tratamento padrão para frutificação efetiva utilizado pela empresa, 20 gramas por hectare de TDZ. Nos ciclos 2017-18 e 2018-2019 o tratamento testemunha não recebeu nenhum regulador de crescimento. O volume de calda utilizado foi estimado 1000 litros por hectare garantindo molhamento de todo dossel das plantas até o ponto de escorrimento.

Nas tabelas os de reguladores de crescimento são mencionados utilizando seu ingrediente ativo, sendo assim o nome comercial e o ingrediente ativo de cada fitorregulador estão descritas a seguir: Tidiazuron (i.a. 50% TDZ), Promalin[®] (1,88% i.a. de ácido giberélico nº 4 e 7 – GA-4+7- e 1,88% i.a. de 6 – Benziladenina - BA-6), Viviful[®] (Proexadiona Cálcica – 27,5% i.a.- Pro-Ca), Moddus[®] (Trinexapac etílico – 25% i.a.- T-pac), Retain[®] (Aminotoxivinilglicine- 15% i.a. - AVG). O tratamento adicionado ao ciclo 2018/19 no pomar 2 foi composto por Stimulate (Cinetina 0,18 mg L⁻¹ + GA₃ 0,1 mg L⁻¹ + AIB 0,1mg L⁻¹) e Hold (20mg de cobalto e 30mg de molibdênio).

Frutificação efetiva - No período de plena floração, foi contado o número de cachopas florais de uma amostra de 8 ramos representativos (nas plantas centrais de cada parcela, os mesmos foram marcados e enumerados). Próximo a colheita foi contado o número total de frutos remanescentes nestes ramos servindo de base para cálculo de frutificação efetiva expresso em porcentagem. No ciclo 2018/19, foi contado o número de frutos raleados manualmente, nos demais ciclos não foi realizado raleio nas áreas. A frutificação efetiva é o número total de frutos remanescentes em relação ao número de cachopas florais na florada.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados e dose por hectare, entre os estádios F2 e G, na cultivar Maxi Gala. O AVG foi aplicado um dia após os demais reguladores de crescimento. Correia Pinto, 2015/2016.

Tratam.	Reguladores de Crescimento e dose		
	14/09/2015 - Estádio - F2		15/09/2015 – Estádio - F2
1	GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	-
2	GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	AVG 125 mg L ⁻¹
3	Pro-Ca 330 mg L ⁻¹	-	-
4	T-Pac 0,3 ml L ⁻¹	-	-
5	Pro-Ca 330 mg L ⁻¹	-	AVG 125 mg L ⁻¹
6	T-Pac 0,3 ml L ⁻¹	-	AVG 125 mg L ⁻¹
7	Pro-Ca 330 mg L ⁻¹	+	GA ₄₊₇ + BA ₆ *
8	T-Pac 0,3 ml L ⁻¹	+	GA ₄₊₇ + BA ₆ *
9	Pro-Ca 330 mg L ⁻¹	+	GA ₄₊₇ + BA ₆ *
10	T-Pac 0,3 ml L ⁻¹	+	GA ₄₊₇ + BA ₆ *
11	-	-	AVG 125 mg L ⁻¹
12	TDZ - Testemunha	-	-

*Onde GA₄₊₇ + BA₆ utilizou-se 18,8 mg L⁻¹ de i.a. GA₄₊₇, 18,8 mg L⁻¹ de i.a. BA₆.

Produtividade estimada - Foi realizada a colheita de todos os frutos das plantas centrais dos blocos, contando o número de frutos e pesando com uma balança digital. Estes dados permitem obter a produção média por planta em quilogramas e possibilita estimar a produtividade por hectare. A colheita foi realizada quando os frutos atingiram o padrão de maturação comercial determinado pela empresa, com a retirada de todos os frutos da planta para pesagem e contagem total.

Amostragem para análise laboratorial - Uma amostra de 20 frutos foi coletada em cada tratamento para realização de análises dos parâmetros de qualidade, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis totais, diâmetro médio e comprimento médio dos frutos, número de sementes.

Diâmetro e altura dos frutos - Para medir o diâmetro médio dos vinte frutos, os mesmos foram colocados lado a lado, em uma calha de madeira em forma de "L", graduada em cm, possibilitando medir o diâmetro das vinte maçãs e assim dividindo este valor pelo número total de frutas se obteve o diâmetro médio unitário em centímetros (cm). Para altura foi feito o mesmo procedimento na régua porém com os frutos colocados deitados (com o sentido cálice-pedúculo na horizontal) a mesma régua.

Firmeza de polpa - Foi mensurado a firmeza de polpa em Newtons utilizando um penetrômetro analógico manual, com uma ponteira de 11mm, acoplado a um

suporte. Foi retirada com auxílio de um “peeler” a camada superficial da epiderme do fruto expondo a polpa para que fosse mensurada a firmeza com o penetrômetro, na zona equatorial e dos dois lados dos frutos.

Sólidos Solúveis totais (SST) - Retirando-se duas fatias de tamanhos semelhantes de cada fruto, foi extraído suco e com o auxílio de um refratômetro digital para açúcar modelo ITREFD-4, foi mensurado o teor de sólidos solúveis (SST) sendo os resultados expressos em °Brix.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados e dose por hectare, entre os estádios F2 e I, na cultivar Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.

Estádio Fenológico	Reguladores de Crescimento e dose		
	F2	H	I
Tratamento	07/10/2016	13/10/2016	20/10/2016
1	Testemunha		
2	TDZ – 40mg/L	-	-
3	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-	-
4	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-
5	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-	AVG 31,3 mg L ⁻¹
6	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹
7	AVG 62,5 mg L ⁻¹	-	-
8	AVG 62,5 mg L ⁻¹	-	AVG 62,5 mg L ⁻¹
9	AVG 125 mg L ⁻¹	-	-
10	AVG 31,3 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	-
11	AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	-
12	AVG 125 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	-

*GA₄₊₇ utilizou-se 18,8 mg L⁻¹ de i.a. e BA₆ 18,8 mg L⁻¹ de i.a..

Em todos os ciclos o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, porém os tratamentos não se repetem nos ciclos conforme é possível ver no comparativo entre as tabelas 7,8,9,10 e 11. O experimento foi disposto em 4 blocos, sendo cada unidade amostral constituída de 4 plantas onde todas foram utilizadas para avaliações na safra 2015/16, e na safra 2016/17. Na safra 2017/18 foram utilizados 3 blocos sendo que eram compostos por 6 plantas cada e as 4 plantas centrais foram avaliadas. No experimento do ciclo 2018/19 Pomar 2 foi avaliado duas plantas de cada bloco, no experimento do Pomar 3 foi avaliado quatro plantas por bloco. Os dados foram submetidos à ANOVA. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos utilizados entre os estádios F2 e I, na cultivar Maxi Gala. Correia Pinto, 2017/2018.

Trata- mento	Reguladores de crescimento e dose		
	30/09/2017 F e F2	07/10/2017 F2, G e H	14/10/2017 H e I
1	Água		
2	TDZ 10 mg L ⁻¹	-	-
3	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-	-
4	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-
5	AVG 31,3 mg L ⁻¹		AVG 31,3 mg L ⁻¹
6	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹
7	AVG 62,5 mg L ⁻¹	-	-
8	AVG 62,5 mg L ⁻¹	-	AVG 62,5 mg L ⁻¹
9	-	AVG 62,5 mg L ⁻¹	-
10	-	AVG 62,5 mg L ⁻¹	AVG 62,5 mg L ⁻¹
11	AVG 125 mg L ⁻¹	-	-
12	AVG 31,3 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ **)	-	-
13	AVG 62,5 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ **)	-	AVG 62,5 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ **)
14	AVG 125 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ *)	-	
15	GA ₄₊₇ + BA ₆ **	-	-
16	GA ₄₊₇ + BA ₆ **	-	AVG 62,5 mg L ⁻¹

*GA₄₊₇ utilizou-se 18,8 mg L⁻¹ de i.a. e BA₆ 18,8 mg L⁻¹ de i.a.. **GA₄₊₇ utilizou-se 9,4 mg L⁻¹ de i.a. e BA₆ 9,4 mg L⁻¹ de i.a..

Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados e dose, em plena floração e início da queda de pétalas, entre os estádios F2 e H, na cultivar Maxi Gala. Pomar 3. Correia Pinto, 2018/2019.

Tratamentos	Fitoreguladores e dose	
	60-80% de F2*	Início de H**
	04/10/2018	09/10/2018
1	Testemunha	Testemunha
2	AVG 15,63 mg L ⁻¹	AVG 15,63 mg L ⁻¹
3	AVG 31,25 mg L ⁻¹	AVG 31,25 mg L ⁻¹
4	AVG 46,89 mg L ⁻¹	AVG 46,89 mg L ⁻¹
5	AVG 62,5 mg L ⁻¹	AVG 62,5 mg L ⁻¹
6	AVG 93,75 mg L ⁻¹	AVG 93,75 mg L ⁻¹

Tabela 5. Descrição dos tratamentos utilizados e dose, em plena floração e início da queda de pétalas, entre os estádios F2 e H, na cultivar Maxi Gala. Pomar 2. Correia Pinto, 2018/2019.

Época --> Tratamentos	Fitoterreguladores e dose	
	60-80% de F2*	Início de H**
	04/10/2018	09/10/2018
1		Testemunha
2	AVG 15,63 mg L ⁻¹	AVG 15,63 mg L ⁻¹
3	AVG 31,25 mg L ⁻¹	AVG 31,25 mg L ⁻¹
4	AVG 46,89 mg L ⁻¹	AVG 46,89 mg L ⁻¹
5	AVG 62,5 mg L ⁻¹	AVG 62,5 mg L ⁻¹
6	AVG 93,75 mg L ⁻¹	AVG 93,75 mg L ⁻¹
7	TDZ 10 mg/L	TDZ 10 mg/L
8	Stimulate* + Hold**	Hold**

*Cinetina 0,18 mg L⁻¹ + GA₃ 0,1 mg L⁻¹ + AIB 0,1mg L⁻¹. ** 20mg de cobalto e 30mg de molibdênio.

5.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2.1. SAFRA DO ANO AGRÍCOLA 2015-2016

Observando a Tabela 6, o tratamento 2 obteve o maior frutificação efetiva (70%), seguido dos tratamentos 3, 7 e 10 com frutificação efetiva superior a 60%. O fitoterregulador que apareceu com maior frequência dentre os tratamentos com maior frutificação efetiva foi o GA₄₊₇ + BA₆, sempre em associação com outros reguladores, porém de forma isolada foi o pior resultado para frutificação efetiva excluindo o tratamento 4 que provocou fito toxidez.

Salomé (2014) registrou frutificação efetiva sempre superior a 20% nas condições do sul do Brasil, podendo chegar 44% de frutificação efetiva para cultivar Gala, sendo que nesse experimento encontramos valores superiores a estes. Segundo Dennis Junior (1996) cerca de 5 a 10% de flores fecundadas resulta em alta produção de frutas, porém produtividade satisfatória, nas condições climáticas brasileiras, onde ocorre períodos hibernais curtos e com insuficiente acúmulo de frio (HAWERROTH e PETRI, 2011), o volume e a qualidade das flores produzidas podem ser reduzidos (OUKABLI et al., 2003) necessitando maior frutificação efetiva para produtividades satisfatórias. A tendência para frutificação efetiva nas condições do sul do Brasil é ser baixo, mesmo com a ocorrência de floradas intensas (PETRI et al., 2011).

Tabela 6. Resultados do experimento em função da aplicação de diferentes reguladores de crescimento no início do ciclo para incremento na frutificação efetiva. Correia Pinto, 2015/16.

Tratamentos	Frutificação efetiva (%)	Número de Frutos/ Planta (unidades)	Massa média dos frutos (g)	Massa média/ planta (kg)	Produtividade estimada t/ha
1 GA ₄₊₇ + BA ₆	23,72 f	95,8 b	102,75 a	9,8 b	443 b
2 GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	69,99 a	137,4 a	100,9 a	14 a	62,4 a
3 Pro-Ca	61,01 b	89,0 b	111,49 a	9,9 b	44,7 b
4 T-Pac	10,97 g	91,3 b	91,26 b	8,3 b	37,5 b
5 Pro-Ca + AVG	30,98 e	136,3 a	92,89 b	13 a	57 a
6 T-Pac + AVG	52,89 c	154,4 a	64,56 c	10 b	44,9 b
7 Pro-Ca + GA ₄₊₇ + BA ₆	62,8 b	117,2 a	103,38 a	12 a	54,5 a
8 T-Pac + GA ₄₊₇ + BA ₆	53,29 c	94,1 b	103,3 a	9,7 b	43,7 b
9 Pro-Ca + GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	44,93 d	85,4 b	106,58 a	9,1 b	41 b
10 T-Pac+GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	61,61 b	136,3 a	89,66 b	12 a	55 a
11 AVG	53,13 c	132,2 a	100,69 a	13 a	59,9 a
12 TDZ - Testemunha	44,28 d	90,9 b	108,07 a	9,8 b	44,2 b
CV(%)	4,02	13,85	5,65	13,27	13,27

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 7 o maior número de frutos por planta foi tratamento 6, apesar de este tratamento não ser o com maior frutificação efetiva, porém é ainda um frutificação efetiva intermediário, acima dos 50%. O tratamento 6 causou fito toxidez nos frutos com o aparecimento de *russetting* na epiderme desqualificando os frutos comercialmente, como pode ser visto no anexo 2 (9.2.). Além do *russetting* a massa unitária frutos foi significativamente menor do que todos os demais tratamentos. Entre os tratamentos, os piores resultados para massa dos frutos, com exceção do tratamento 5, todos utilizaram T-Pac

A fito toxicidade que causou *russetting* não somente no tratamento 6, mas também nos frutos dos tratamentos 4; 8 e 10 pode ser atribuída a toxidez do T-Pac, pois todos estes tratamentos apresentam este produto em sua combinação. Outros estudos devem ser feitos levando em consideração diferentes dosagens neste estágio para chegar a conclusões sobre quais doses do produto causam fito toxicidade neste estágio fenológico. Por ser um produto inibidor de giberelinas o mesmo pode ter proporcionado perda de elasticidade da epiderme, o que

consequentemente com o crescimento do fruto provocou fissuras na epiderme que foram preenchidas por células corticosas, quais dão origem ao *russetting*.

A massa média por fruto tende a ser aumentada quando o número de frutos por planta for reduzido, pois há uma menor partição de assimilados e reservas. Este é um dos princípios do raleio: retirar frutos para aumentar o tamanho dos remanescentes. Apenas três dos doze tratamentos apresentaram, significativamente os melhores resultados para a variável número de frutos por planta combinado com melhores resultados para a variável massa média de frutos, tratamento 2; 7 e 11. Os tratamentos 2 e 11 receberam AVG e os tratamentos 2 e 7 receberam GA₄₊₇ + BA₆. O tratamento 11 recebeu AVG isoladamente, sendo o único regulador de crescimento que quando aplicado isolado, proporciona maior número de frutos por planta, maior massa média de frutos e maior produtividade.

A produção média por planta reflete diretamente na produtividade estimada por hectare. Os tratamentos que obtiveram significativamente maior número de frutos e frutos com maior massa média também tiveram maior produtividade, os tratamentos 2; 7 e 11. Junto deles também os tratamentos 5 e 10 também fazem parte do grupo dos tratamentos com maior produtividade. Dos cinco tratamentos com maior produtividade, quatro destes tratamentos utilizaram o AVG®. Esta frequência da ocorrência do AVG® nos resultados com melhor produtividade indica que este regulador influência positivamente na produtividade.

Entre os que tiveram maior produtividade estimada o tratamento 7 é o único que não possuí combinação com AVG®, sendo que este também detém maior número de frutos por planta e maior massa média dos frutos. O tratamento 7 foi composto por um inibidor de crescimento vegetativo, Pro-Ca, que atua reduzindo a ação de giberelinas, associado ao GA₄₊₇ + BA₆.

O tratamento número 12, TDZ, considerado tratamento testemunha, ficou agrupado no grupo de produtividade inferior. Apesar do TDZ ser um possível indutor de partenocarpia, produção de frutos sem semente, não houve diferença quanto ao número de sementes entre todos os tratamentos, mesmo o tratamento de número 6 que não teve crescimento normal e sofreu fito toxidez desenvolveu sementes visualmente viáveis na mesma quantidade dos demais tratamentos.

O TDZ é uma molécula conhecida pela ação de citocinina e provoca incremento no frutificação efetiva em maçãs (AMARANTE, et al. 2002) também conhecido por induzir partenocarpia, que seria a produção de frutos sem sementes,

pode causar deformação na região distal dos frutos (TAVARES, 2002), porém não foi verificado deformação na região distal dos frutos. Verifica-se que nos tratamentos 2,5,7,10 e 11 são os mais eficientes em produtividade quando comparados à testemunha, qual seria o padrão comercial utilizado pela empresa.

Tabela 7.Característica de qualidade de frutos do experimento utilizando reguladores de crescimento para o incremento na frutificação efetiva de frutos, Correia Pinto- SC- Brasil, 2015/2016

Tratamentos	Firmeza de polpa Newtons	Sólidos solúveis ° Brix	Número de sementes -		
1-GA ₄₊₇ + BA ₆	80,23 b	10,28	ns	5,03	ns
2-GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	72,40 c	9,93		5,68	
3-Pro-Ca	77,07 b	10,38		5,48	
4-T-Pac	80,10 b	11,00		4,82	
5-Pro-Ca + AVG	75,12 b	9,98		5,13	
6-T-Pac + AVG	86,55 a	10,60		4,57	
7-Pro-Ca + GA ₄₊₇ + BA ₆	80,59 b	10,65		6,10	
8-T-Pac + GA ₄₊₇ + BA ₆	85,31 a	10,80		5,68	
9-Pro-Ca + GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	77,07 b	10,40		5,75	
10-T-Pac+GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	77,21 b	10,38		5,52	
11-AVG	76,54 b	10,23		5,55	
12-TDZ - Testemunha	78,63 b	10,48		6,45	
CV(%)	7,21	3,88		14,84	

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro.

O teor de sólidos solúveis não foi diferente entre os tratamentos. Já a firmeza de polpa apresentou diferenças. É possível observar que o tratamento 2 que foi superior em parâmetros produtivos foi inferior em firmeza de polpa de frutos menores valores. Os tratamentos com maior firmeza de polpa produziram frutos menores, sendo que este é um comportamento esperado, frutos menores, maior firmeza de polpa. Os tratamentos 6 e 8 possuem T-pac na combinação de reguladores, sendo que são menores e são frutos recobertos por *russetting* decorrente da fito toxidez.

Para diâmetro médio dos frutos observou-se que o tratamento 6 foi o menor, decorrente do tamanho reduzido, resultado da fito toxidez citada anteriormente.A altura média nos tratamentos 4, 6, 8 e 10 foi menor, sendo que os mesmos apresentam em comum a aplicação do T-Pac, mostrando relação direta do mesmo com redução da altura de fruto na concentração e estádio qual o regulador de

crescimento que foi utilizado, assim produzindo frutos mais achatados. A relação altura pelo diâmetro foi menor nos tratamentos como T-Pac; TDZ e AVG® quando aplicados sem nenhuma combinação.

Tabela 8. Incremento na frutificação efetiva de frutos pela aplicação de diferentes reguladores de crescimento, características de qualidade de frutos. Correia Pinto, 2015/2016

Tratamentos	Diâmetro médio (cm)	Altura Média (cm)	Relação Altura/Diâm. -
1-GA ₄₊₇ + BA ₆	6,45 a	5,90 a	0,92 a
2-GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	6,37 a	5,74 a	0,90 a
3-Pro-Ca	6,04 a	5,58 a	0,92 a
4-T-Pac	6,03 a	5,30 b	0,88 b
5-Pro-Ca + AVG	6,25 a	5,69 a	0,91 a
6-T-Pac + AVG	4,81 b	4,23 c	0,88 b
7-Pro-Ca + GA ₄₊₇ + BA ₆	6,40 a	5,75 a	0,90 a
8-T-Pac + GA ₄₊₇ + BA ₆	6,08 a	5,20 b	0,86 b
9-Pro-Ca + GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	6,45 a	5,67 a	0,88 b
10-T-Pac+GA ₄₊₇ + BA ₆ + AVG	5,98 a	5,21 b	0,87 b
11-AVG	6,19 a	5,50 a	0,89 b
12-TDZ - Testemunha	6,22 a	5,55 a	0,89 b
CV(%)	4,24	4,73	1,81

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

5.2.2. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2016-2017

A safra do ano de 2016-2017 teve um arranjo de tratamentos diferente do ciclo 2015/16. Baseado nos resultados do ciclo anterior, onde houve destaque para os tratamentos que utilizavam AVG. Na safra 2016/17 focou em tratamentos para avaliar o efeito de diferentes concentrações de AVG e o uso da reaplicação do mesmo com intervalo de até 13 dias após a primeira aplicação.

A produtividade foi diferente estatisticamente, onde os resultados de menor produtividade foram obtidos nos tratamentos 2; 10; 11 e 12, todos ficaram entre 33 e 36 toneladas por hectare. Isso proporciona diferenças de até 17 toneladas a menos se comparado com os tratamentos de melhor rendimento por hectare que oscilaram entre 46,88 e 50,11 toneladas por hectare. Os tratamentos 5; 6 e 8, os quais são estatisticamente iguais foram os mais produtivos. Houve também alguns tratamentos intermediários que foram estatisticamente iguais à testemunha.

Os tratamentos 10; 11 e 12, com piores resultados quanto à produtividade (Tabela 10) tem em comum a utilização de GA₄₊₇ + BA₆ na concentração de 1l/ha aplicados em plena floração. Esse resultado sugere que este regulador de crescimento teve uma influência negativa, demonstrando um possível efeito de raleante, ao invés de proporcionar o aumento da frutificação efetiva houve redução. Outro resultado, no mesmo grupo do piores resultados em relação a produtividade está o tratamento 2, TDZ de 40 gramas de ingrediente ativo, sendo o TDZ uma citocinina que promove frutificação efetiva, nesta dose teve efeito raleante.

Tabela 9.Descrição dos tratamentos utilizados e dose por hectare para incremento do frutificação efetiva de frutos, acompanhado dos dados de produtividade estimada, na cultivar Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.

Estádio Fenológico	Reguladores de Crescimento e dose				Produtividade
	F2	H	I		
Tratamento	07/10/2016	13/10/2016	20/10/2016	t/ha	
1	Testemunha				42,91 b
2	TDZ – 40mg/L	-	-		34,95 c
3	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-	-		44,37 b
4	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-		42,19 b
5	AVG 31,3 mg L ⁻¹	-	AVG 31,3 mg L ⁻¹		46,88 a
6	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹	AVG 31,3 mg L ⁻¹		48,64 a
7	AVG 62,5 mg L ⁻¹	-	-		40,08 b
8	AVG 62,5 mg L ⁻¹	-	AVG 62,5 mg L ⁻¹		50,11 a
9	AVG 125 mg L ⁻¹	-	-		41,18 b
10	AVG 31,3 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	-		33,08 c
11	AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	-		36,31 c
12	AVG 125 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ *	-	-		33,23 c
CV(%)					9,43

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro.

Os tratamentos intermediários igualaram-se a testemunha, sendo os tratamentos 3, 4, 7 e 9, onde todos receberam AVG na plena floração, três deles não receberam reaplicação (3, 7 e 9) e nenhum recebeu reaplicação aos 13 dias após a primeira aplicação, sugerindo que a aplicação mais tardia proporciona resultados melhores.

Onde fora encontrado as maiores produtividades, os tratamentos 5, 6 e 8, todos receberam aplicação na plena floração e reaplicação 13 dias após a primeira aplicação. Foi obtido 50 toneladas por hectare foi onde a maior dose testada (AVG

62,5 mg L⁻¹) foi aplicada aos 13 dias após a primeira aplicação mas não diferiu estatisticamente. O número de frutos colhidos por planta foi inferior nos tratamentos 2, 10 e 12 coincidindo com três dos tratamentos que tiveram os resultados inferiores em produtividade, apenas o tratamento 11, dos que tiveram menor produtividade obteve resultado intermediário quanto ao número total de frutos colhidos. Os resultados inferiores tiveram um intervalo de 118 até 130 frutos por planta, onde o tratamento 12 tem cerca de 44% menos frutos que o tratamento 8.

A massa por planta reflete os mesmos resultados da produtividade, pois massa por planta é precursora junto a densidade de plantio da variável produtividade. A massa unitária por fruto foi superior nos tratamentos 2, 9 e 12, onde o tratamento 2 e 12 foram dois dos tratamentos com menor produtividade, e menor número de frutos por planta, isto supõe que neste caso houve uma relação fonte dreno maior, pois o número de frutos era menor nestes tratamentos.

Tabela 10. Parâmetros produtivos para o experimento de incremento no frutificação efetiva de frutos pela utilização de reguladores de crescimento da cv. Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.

Tratamento	Número de frutos por planta	Massa por planta (kg)	Massa média dos frutos (g)
1	159,63 b	9,53 b	119,16 b
2	118,13 c	7,77 c	136,27 a
3	191,25 a	9,86 b	104,02 b
4	166,38 b	9,38 b	113,89 b
5	189,25 a	10,42 a	111,20 b
6	188,50 a	10,81 a	113,48 b
7	158,63 b	8,91 b	114,10 b
8	211,15 a	11,09 a	105,28 b
9	148,63 b	9,15 b	123,45 a
10	130,88 c	7,35 c	112,19 b
11	142,00 b	8,07 c	114,21 b
12	117,38 c	7,38 c	128,21 a
CV(%)	10,96	9,88	10,48

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa.

O tratamento 9 foi intermediário em produtividade e número de frutos sendo que enquadrou-se como superior na massa unitária do fruto, porém entre os tratamentos estatisticamente iguais com massa superior o 9 apresenta menor massa, cerca de 13 gramas menor que o tratamento 2, sendo apenas 4 gramas superior ao tratamento 1 que é estatisticamente inferior ao tratamento 9.

Tabela 11. Dados da amostra referente ao estádio de maturação dos frutos no experimento de incremento frutificação efetiva de frutos pela utilização de reguladores de crescimento na cv. Maxi Gala. Correia Pinto, 2016/2017.

Tratamento	Firmeza (N)	SS (°Brix)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Relação (Alt./Diâm.)
1	72,67 b	10,53 b	6,45 b	6,39 b	0,99 *ns
2	75,62 a	10,97 a	6,33 b	6,30 b	1,00
3	72,02 b	10,63 b	5,94 d	5,74 d	0,96
4	72,03 b	10,37 b	5,93 d	5,98 d	1,01
5	71,03 b	10,17 b	5,84 d	5,89 d	1,00
6	74,11 a	10,55 b	6,31 b	6,35 b	1,00
7	71,69 b	10,56 b	6,16 c	6,18 c	1,01
8	71,82 b	10,53 b	6,03 d	6,09 c	1,02
9	71,46 b	11,07 a	6,30 b	6,48 b	1,00
10	76,54 a	11,27 a	6,16 c	6,13 c	0,99
11	76,93 a	10,83 a	6,22 d	6,19 c	1,00
12	76,36 a	10,95 a	6,73 a	6,91 a	1,02
CV(%)	3,22	2,94	2,56	2,71	2,63

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro.

Os dados de análise física química demonstraram maior firmeza de polpa nos tratamentos 2, 10, 11 e 12, onde diferente dos demais tratamentos os fitorreguladores utilizados foram TDZ e AVG associado a BA₆+GA₄₊₇. Estes fitorreguladores possuem citocininas em sua composição, que aplicados na fase inicial de desenvolvimento, onde ocorre alta taxa de multiplicação celular, podem ter proporcionado maior firmeza de polpa no momento da colheita nos frutos destes tratamentos.

5.2.3. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2017-2018

Neste ciclo foi realizado colheita em duas etapas. Primeira etapa foi colhida frutos com diâmetro superior a 50mm. Segunda etapa foi colhida os frutos remanescentes, pelo tamanho reduzido foram apenas contados e não pesados. A produtividade estimada leva em consideração apenas a primeira colheita, frutos com tamanho comercial.

Na colheita 1 todos os tratamentos foram iguais, com exceção dos tratamentos 1; 15 e 16 que foram inferiores com média aproximada de 138 frutos. Dos tratamentos superiores o menor valor foi 190 frutos na colheita, são 52 frutos em relação à média dos tratamentos inferiores. As melhores médias na colheita 1

foram nos tratamentos 10 e 5, na casa dos 230 frutos. Em uma comparação direta são mais de 100 frutos do que o tratamento 16 e 74 frutos a mais em relação a testemunha.

Tabela 12. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando os fitorreguladores. Correia Pinto-SC,2017-2018.

Tratamentos	N de frutos		N total de frutos por planta	
	colheita 1	colheita 2	Frutos no Chão	Frutos
	Frutos	Frutos	Frutos	Frutos
1 Controle	156,33 b	13,17 d	4,50 d	174,00 d
2 TDZ 10g/ha PF	197,33 a	8,17 d	7,50 d	213,00 d
3 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF	207,83 a	7,50 d	7,83 d	223,17 d
4 AVG 31,3 mg L ⁻¹ + AVG 31,3 mg L ⁻¹ 7DAPF	193,67 a	8,33 d	4,50 d	206,50 d
5 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF+ AVG 31,3 mg L ⁻¹ 15DAPF	233,83 a	11,33 d	7,00 d	252,17 d
6 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF+ AVG 31,3 mg L ⁻¹ 7DAPF + AVG 31,3 mg L ⁻¹ 15DAPF	207,67 a	6,00 d	5,83 d	210,67 d
7 AVG 62,5 mg L ⁻¹ PF	190,83 a	7,00 d	7,00 d	204,83 d
8 AVG 62,5 mg L ⁻¹ PF+ AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	220,00 a	8,33 d	6,50 d	234,83 d
9 AVG 62,5 mg L ⁻¹ 7DAPF	211,67 a	5,83 d	7,50 d	225,00 d
10 AVG 62,5 mg L ⁻¹ 7DAPF+ AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	230,33 a	111,17 b	29,50 b	371,00 b
11 AVG 125 mg L ⁻¹ PF	190,83 a	27,50 d	18,83 c	237,17 d
12 AVG 31,3 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ **)	203,83 a	71,50 c	20,00 c	295,33 c
13 (AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ **PF) + (AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ **PF)	199,33 a	183,83 a	39,67 a	422,83 a
14 AVG 125 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ *) PF	202,83 a	62,00 c	37,00 a	301,83 c
15 GA ₄₊₇ + BA ₆ ** PF	133,00 b	39,83 c	21,83 d	194,67 d
16 GA ₄₊₇ + BA ₆ ** PF + AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	126,83 b	21,67 d	20,17 c	168,67 d
CV(%)	11,68	54,37	27,88	11,20

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro.

A colheita 2 (Tabela 12) dividiu-se estatisticamente em 4 grupos. O destaque de superioridade foi o tratamento 13 com média de 183,33 frutos. O tratamento 10 que se enquadrou na segunda classe teve 111 frutos. Na terceira classe foi seguido pelos tratamentos 12, 14 e 15, com media de 57 frutos entre os tratamentos. Alguns tratamentos praticamente não obtiveram frutos na segunda colheita, como é o caso

de alguns tratamentos que tiveram valores entre 5 a 8 frutos. Os tratamentos 13 e 10 receberam AVG na mesma dosagem e nas mesmas épocas.

No parâmetro frutos no chão, o tratamento 13 foi superior em valores aos demais, isto pode ter sido causado pelo excesso de frutos nas cachopas, assim com o crescimento dos frutos, ocorre uma dispensa natural.

Tabela 13. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando os reguladores de crescimento. A produtividade expressa em mega gramas por hectare, considera apenas a colheita 1. Correia Pinto-SC, 2017-2018.

Tratamentos	Frut. efetiva (%)	Produtividade (t/ha)	Peso médio dos frutos colheita 1 (g)
1 Controle	123,69 c	79,81 b	115,58 *
2 TDZ 10g/ha PF	113,05 c	102,03 a	119,80
3 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF	241,03 a	102,77 a	114,26
4 AVG 31,3 mg L ⁻¹ + AVG 31,3 mg L ⁻¹ 7DAPF	160,18 c	95,39 a	114,18
5 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF+ AVG 31,3 mg L ⁻¹ 15DAPF	120,04 c	118,73 a	108,60
6 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF+ AVG 31,3 mg L ⁻¹ 7DAPF + AVG 31,3 mg L ⁻¹ 15DAPF	146,25 c	93,77 a	114,69
7 AVG 62,5 mg L ⁻¹ PF	146,57 c	103,34 a	113,60
8 AVG 62,5 mg L ⁻¹ PF+ AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	155,10 c	100,02 a	102,77
9 AVG 62,5 mg L ⁻¹ 7DAPF	144,94 c	101,44 a	108,77
10 AVG 62,5 mg L ⁻¹ 7DAPF+ AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	137,06 c	96,08 a	95,63
11 AVG 125 mg L ⁻¹ PF	144,47 c	99,41 a	116,33
12 AVG 31,3 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ **)	140,56 c	100,17 a	127,08
13 (AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ **PF) + (AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ **PF)	224,61 a	82,22 b	92,02
14 AVG 125 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ *) PF	192,62 b	92,27 a	105,09
15 GA ₄₊₇ + BA ₆ ** PF	143,78 c	61,05 c	101,43
16 GA ₄₊₇ + BA ₆ ** PF + AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	133,59 c	64,08 c	120,85
CV(%)	11,24	9,65	10,72

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott. a 5% de probabilidade de erro.
*ns-não houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott. a 5% de probabilidade de erro.

O número total de frutos somou colheita 1, 2 e frutos no chão. Superior aos demais foi o tratamento 13 e 10 foram os maiores valores. Os tratamentos 12 e 14 se colocam em uma terceira classe, 298,58 frutos de média. Os demais tratamentos

foram inferiores e a testemunha teve 174 frutos. Entre o tratamento 13 e o testemunha são 248,83 frutos, assim o 13 tem 43% mais frutos que a testemunha.

No parâmetro frutificação efetiva os tratamentos 3 e 13 foram os que obtiveram os melhores resultados, com 232,5%, seguido do tratamento 14 com 192,62%, e os demais tratamentos foram inferiores e estatisticamente iguais. Entre todos o menor valor encontrado foi o tratamento 2 que foi a aplicação de TDZ, com o valor de 113,05% assim se comparado com o tratamento com maior frutificação efetiva foi cerca de 128% inferior.

O tratamento 3 deve ser colocado em destaque pela dosagem baixa que utilizou de regulador de crescimento, sem re-aplicação e sem combinação de outros reguladores de crescimento e obteve resultado superior para frutificação efetiva. Os tratamentos 13 e 14 utilizaram a mesma quantidade e o mesmo regulador de crescimento, porém diferentes estratégias de dose e época. Os valores de frutificação efetiva para este ciclo, independente de tratamento, foram elevados se comparado ao que é relatado na literatura como suficiente para produtividades satisfatórias.

A produtividade não foi maior onde ocorreu o maior número de frutos por planta e a maior frutificação efetiva que fora tratamento 13, isso deve-se em partes pela competição por assimilados considerando um número elevado de frutos. Os piores resultados para produtividades, média de 62 toneladas por hectare, nos tratamentos 15 e 16, estatisticamente seguidos pelos tratamentos 1 (testemunha) e 13 com média de 81 toneladas por hectare.

Os demais tratamentos não diferiram entre si e foram superiores em produtividade, variando entre 92,27 Mg/ha até 118,73 Mg/há. O tratamento 5 a maior produtividade foi 39,8 Mg/ha superior ao testemunha, tratamento 1, isso em porcentagem seria o tratamento 5 48,76% mais produtivo do que o tratamento 1. O tratamento com a menor média do grupo estatisticamente superior, foi o tratamento 14 que teve 15,6% a mais de produtividade em relação ao testemunha.

Os piores resultados de produtividade, tratamento 15 e 16, têm em comum na plena floração a aplicação de GA 4+7 + BA6 sem nenhuma associação de outro produto neste momento. Em sua composição, este produto apresenta duas giberelinas (GA4 + GA7) associadas a uma citocinina (BA6). Estes dois tratamentos estiveram com o menor número de frutos na colheita 1, isolados como os tratamento com menor número total de frutos por planta e menor produtividade, estavam

também no grupo de tratamentos com as piores médias para frutificação efetiva. Estes resultados sugerem que a aplicação de GA 4+7 + BA6 na plena floração na dose de 0,5 l/ha, mesmo recebendo uma dose de AVG 15 DAPF, promove raleio.

A citocinina promove multiplicação celular e a giberelina por sua vez elongação (Taiz e Zeiger, 2004), estes dois eventos estimulam o crescimento de frutos, porém estimulam também o crescimento e alongamento das partes vegetativas da planta que acabam competindo por reservas da planta que neste momento ainda não está realizando fotossíntese suficiente para suportar todos os órgãos que estão em desenvolvimento. Este evento acaba por gerar uma competição entre a parte vegetativa e reprodutiva, induzindo a queda de frutos jovens, sendo isto o que pode ter ocorrido nestes tratamentos, e mesmo no tratamento 16 onde o AVG, que possui um inibidor da produção de etileno em sua composição, foi aplicado na dose de 415 g/ha 15 dias após a primeira aplicação, não houve inibição da queda dos frutos que possivelmente foi estimulada pela aplicação do GA 4+7 + BA6 na plena floração.

O tratamento 13 apesar do maior número de frutos no total não foi o tratamento mais produtivo, por ter produzido frutos pequenos e sem valor comercial. Apesar de não ter havido diferença estatística na massa unitária dos frutos este tratamento teve frutos menores que os demais tratamentos, com 92 gramas de média que seria próximo a um calibre 195. Este resultado pode ter sido proveniente de uma carga demasiada de frutos, gerando demasiada competição entre os frutos. O número de frutos foi de 422, cerca de 3 vezes o número de frutos necessário para uma produtividade média de 65 toneladas por hectare e um calibre médio 135, para um pomar comercial nesta densidade de plantio.

O tratamento 13 recebeu GA 4+7 + BA6 na plena floração assim como os tratamentos 15 e 16, porém associado ao AVG, e assim foi superior a todos os demais em frutificação efetiva e em número de frutos por planta, sendo superior mesmo ao tratamento 8 que recebeu AVG nas mesmas doses e mesma época do que o tratamento 13, porém sem GA 4+7 + BA6, sendo que os tratamentos que receberam apenas GA 4+7 + BA6 foram os menores valores para quantidade de frutos. Estes resultados levam a supor que há um efeito sinérgico da aplicação combinada de AVG junto a GA 4+7 + BA6.

O tratamento 14 teve a mesma quantidade de reguladores de crescimento do tratamento 13, porém aplicado em apenas uma época, plena floração, 830 g/ha de

AVG e 1 litro de GA 4+7 + BA6 em apenas uma aplicação, e comportou-se com a terceira melhor média em número de frutos por planta, com 301,83 frutos por planta, produtividade dentro do grupo das melhores médias e um dos melhores resultados para frutificação efetiva.

Tabela 14. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando os reguladores de crescimento (AVG), GA 4+7 + BA6 e TDZ. Correia Pinto-SC, 2017-2018.

Tratamentos	Fir me za (N)	SST (°Brix)			Diâmetro (cm)		Altura(cm)		Relação altura/ diâmetro		Número de sementes	
1 Controle	76,89	a	10,40	*ns	6,34	a	5,89	a	0,93	ns	5,27	ns
2 TDZ 10g/ha PF	71,92	b	11,17		6,47	a	6,04	a	0,93		5,53	
3 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF	70,13	b	10,87		6,36	a	6,00	a	0,94		5,47	
4 AVG 31,3 mg L ⁻¹ + AVG 31,3 mg L ⁻¹ 7DAPF	66,16	b	11,20		6,32	a	5,82	a	0,92		6,93	
5 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF+ AVG 31,3 mg L ⁻¹ 15DAPF	70,39	b	10,50		6,13	b	5,62	b	0,92		5,53	
6 AVG 31,3 mg L ⁻¹ PF+ AVG 31,3 mg L ⁻¹ 7DAPF + AVG 31,3 mg L ⁻¹ 15DAPF	74,00	a	10,47		6,18	b	5,78	a	0,94		5,37	
7 AVG 62,5 mg L ⁻¹ PF	74,64	a	10,63		6,35	a	6,03	a	0,95		5,70	
8 AVG 62,5 mg L ⁻¹ PF+ AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	68,47	b	10,63		5,98	b	5,53	b	0,93		5,43	
9 AVG 62,5 mg L ⁻¹ 7DAPF	69,88	b	10,40		6,09	b	5,82	a	0,96		7,33	
10 AVG 62,5 mg L ⁻¹ 7DAPF+ AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	76,41	a	10,33		5,84	b	5,47	b	0,94		5,50	
11 AVG 125 mg L ⁻¹ PF	67,17	b	10,63		6,40	a	6,11	a	0,95		5,87	
12 AVG 31,3 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ **)	68,71	b	10,43		6,16	b	5,73	b	0,93		5,07	
13 (AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ **PF) + (AVG 62,5 mg L ⁻¹ + GA ₄₊₇ + BA ₆ **PF)	69,49	b	10,67		5,87	b	5,56	b	0,95		6,10	
14 AVG 125 mg L ⁻¹ + (GA ₄₊₇ + BA ₆ *) PF	76,05	a	10,23		6,01	b	5,66	b	0,94		5,13	
15 GA ₄₊₇ + BA ₆ ** PF	77,33	a	10,77		5,98	b	5,80	a	0,97		5,10	
16 GA ₄₊₇ + BA ₆ ** PF + AVG 62,5 mg L ⁻¹ 15DAPF	80,78	a	10,47		6,40	a	5,93	a	0,93		4,57	
CV(%)	6,01		3,03		2,69		2,78		2,44		21,2	

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. *ns=não houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O tratamento 10 enquadrado no segundo grupo de melhores médias para número de frutos, utilizando apenas AVG, recebendo duas aplicações 7 e 125 DAPF, sem aplicação em plena floração, com 371 frutos por planta, dentro das melhores médias de produtividade. Já o tratamento 12 novamente combina AVG

com GA 4+7 + BA6, com uma dose inferior de AVG e a mesma dose de AVG aplicado apenas em plena floração, e teve a terceira melhor média do número de frutos, com 295,33 frutos por planta.

Não é possível definir uma tendência dentro dos tratamentos utilizados de qual a época de aplicação tem efeito superior aos demais tratamentos. Dentro do contexto geral os tratamentos demonstraram que o uso de AVG junto a GA 4+7 + BA6 neste ano de 2017/18 proporcionou maior número de frutos por planta, o uso do AVG independente de dose foi superior em produtividade ao tratamento testemunha. O tratamento com uso de GA 4+7 + BA6 em plena floração demonstrou potencial raleante, com menor número de frutos e menor produtividade que os demais até menos que a testemunha.

De maneira geral os pomares brasileiros a safra 2017/18 foi uma safra com alta produtividade para 'Gala' e predominantemente de fruta com produção concentrada em frutos de menores calibres.

Quanto aos resultados de laboratório não houve diferença estatística para o valor de sólidos solúveis totais, para o número de sementes e para a relação entre altura e diâmetro dos frutos. Houve diferença estatística entre os tratamentos para firmeza de polpa, diâmetro e altura dos frutos. Os tratamentos 1, 2, 3, 4, 7 e 16 foram superiores tanto para diâmetro quanto para altura. Os tratamentos 5, 8, 10, 12, 13 e 14 foram inferiores em ambos os parâmetros. Os tratamentos que tiveram diâmetro maior e altura menor foram os tratamentos 6, 9 e 15. A firmeza foi distinta e não segue uma tendência em função do regulador, época ou dose utilizada.

5.2.4. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2018-2019 – Pomar 2

A do ano 2018 e 2019 foi um ano com chuvas bem distribuídas durante todo o ciclo inclusive no período de floração. O início do ciclo foi marcado por dias nublados e presença de chuva constante ao final da tarde, com diferente intensidade. Estes dias nublados proporcionam menor radiação o que implica em menor fotossíntese e desta forma menor quantidade de carboidratos para o desenvolvimento dos órgãos vegetativos e reprodutivos, gerando uma maior competição e podendo induzir a abscisão de frutos jovens.

Os tratamentos deste ano no Pomar 2 foram doses de AVG crescentes, com aplicação e re-aplicação em dois momentos, mais um tratamento TDZ e outro

tratamento utilizando um fertilizante foliar, o Hold e um biorregulador o Stimulate associados.

Os parâmetros de análise laboratoriais de pós-colheita (Tabela 11) não demonstraram diferença estatística para firmeza de polpa, sólidos solúveis totais e relação entre a altura e o diâmetro para nenhum dos tratamentos. Quanto ao número de sementes os tratamento 6 e 7 tiveram médias inferiores aos demais tratamentos.

O tratamento 7 é composto por TDZ, uma citocinina sintética conhecida pela indução de frutos partenocápicos, frutos sem sementes, em pereiras e macieiras, no experimento em discussão houve a presença de sementes porém reduzido em relação ao testemunha e aos tratamentos que tinham AVG em sua composição, sendo que foi estatisticamente igual apenas ao tratamento 8. Apesar deste número de reduzido de sementes, próximo a uma semente a menos por fruto, não foi observado deformação nos frutos destes dois tratamentos.

O Diâmetro e altura dos frutos (Tabela 11) diferiram estatisticamente entre os tratamentos, sendo os tratamentos 2 até ao 6 os menores diâmetros e as menores alturas, já o tratamento 1; 7 e 8 superiores aos demais, isto pressupõe que o AVG quando aplicado no início do ciclo pode proporcionar redução no tamanho dos frutos como encontrado quando aplicado em pereiras (DUSSI, et al., 2002).

A média de diâmetro entre os tratamentos com tamanho superior foi de 6,5 cm, comparado com a média dos menores tratamentos, 6,04 cm, há uma diferença de 41mm, 7% a mais. Para altura estes tratamentos foram superiores novamente com a mesma diferença entre a média dos tratamentos superiores para os inferiores, 6,36 cm e 5,95 cm respectivamente, novamente uma diferença de 41 mm, 6,83% entre as médias. Esta diferença pode indicar que neste experimento o AVG independente da dose influenciou no tamanho dos frutos negativamente, pois os frutos deste tratamento foram menores que os frutos da testemunha. Inferir que o tratamento 7 e 8 induziram aumento do fruto em diâmetro e altura não é condizente pois estes tratamentos possuem valores estatisticamente iguais aos frutos da testemunha, qual não receberam nenhum tratamento com reguladores de crescimento ou biorreguladores.

Tabela 15. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando o reguladores de crescimento AVG, TDZ, Stimulate+Hold,na cultivar Maxi Gala.Pomar 2, Correia Pinto-SC, 2018/2019.

Tratamento	Número de sementes por fruto	Firmeza (N)	SST (°Brix)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Relação (Alt./Diâm.)
1-Testemunha	6,64 a	74,95 ns	10,38 ns	6,48 a	6,28 a	0,97 ns
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	6,73 a	80,75	11,78	6,04 b	6,03 b	1,00
3- AVG 31,25 mg (2x)	6,98 a	85,46	9,83	6,11 b	5,93 b	0,97
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	6,54 a	82,08	11,15	6,21 b	6,01 b	0,97
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	6,66 a	83,25	11,03	6,11 b	5,93 b	0,97
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	7,21 a	68,64	10,55	6,00 b	5,83 b	0,97
7- TDZ 20 mg L ⁻¹	5,60 b	80,22	10,20	6,56 a	6,40 a	0,98
8- Stimulate 2 ml L ⁻¹ +Hold 2 ml L ⁻¹ (2x)	5,78 b	89,10	10,80	6,46 a	6,40 a	0,99
CV(%)	7,52	12,75	10,29	3,29	3,30	1,99

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa.

Na Tabela 16 observamos a produtividade do experimento que se dividiu em três classes estatísticas diferentes, onde a classe superior as demais está apenas o tratamento 7, com 60,1 Mg . ha⁻¹, isto é 33,5 Mg . ha⁻¹ a mais do que o tratamento testemunha. O tratamento 1, testemunha, foi agrupado pela estatística junto aos tratamentos 2; 3; 4 e 8 quais foram inferiores aos demais sendo a média dos mesmos 31,36 Mg . ha⁻¹. Os tratamentos intermediários foram os tratamentos 5 e 6 com 43,1 Mg .ha⁻¹ de média, assim 11,74 Mg . ha⁻¹ superior a média dos tratamentos inferiores e 17 Mg . ha⁻¹ inferior ao tratamento 7 que foi superior a todos.

Assim como para produtividade a variável frutificação efetiva, dividiu-se estatisticamente em três grupos, onde os maiores valores foram observados nos tratamentos 5; 6 e 7. A pior média para esta variável foi para o tratamento testemunha com 56,31%.

Em número de frutos por planta assim como para produtividade e para frutificação efetiva os melhores resultados estão nos tratamentos 5; 6 e 7 que desta vez não diferiram entre si, diferente da produtividade onde o tratamento 7 foi

superior. A média de frutos por planta destes três tratamentos foi de 255,23 frutos sendo 94,37 frutos a mais do que a média dos demais tratamentos.

Tabela 16. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando o reguladores de crescimento (AVG), na cultivar Maxi Gala.Pomar 2, Correia Pinto-SC, 2018/2019

Tratamento	Produtividade (t ha ⁻¹)	Frutificação efetiva (%)	Número de frutos por planta	Massa por planta (kg)	Massa média unitária dos frutos (g)
1-Testemunha	26,5 c	56,31 c	128,3 b	7,96 c	125,4 a
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	29,6 c	82,62 b	158,1 b	8,88 c	113,8 b
3- AVG 31,25 mg (2x)	29,3 c	73,42 b	157,0 b	8,79 c	113,7 b
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	35,2 c	96,43 b	192,4 b	10,55 c	110,3 b
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	43,7 b	134,53 a	244,8 a	13,10 b	107,1 b
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	42,5 b	117,65 a	235,3 a	12,74 b	108,9 b
7- TDZ 20 g/ha	60,1 a	137,50 a	285,6 a	18,04 a	127,4 a
8- Stimulate 2l/ha+Hold 2l/ha (2x)	36,2 c	82,38 b	168,4 b	10,85 c	130,3 a
CV(%)	17,31	22,79	18,15	17,31	7,95

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa. Aplicações realizadas no início de queda de pétalas e na plena queda de pétalas.

A massa média unitária dos frutos foi superior nos tratamentos 1; 7 e 8, com massa média de 127,4 g e a média dos demais tratamentos foi de 110,76 g. Os tratamentos com menor massa unitária foram os tratamentos que tinham AVG, os de massa superior não receberam AVG em nenhum dos dois momentos onde fora aplicado reguladores de crescimento. Este evento somado ao evento de diâmetro e altura dos frutos (Tabela 15) onde ocorreu o mesmo que para massa unitária dos frutos, os tratamentos com AVG foram inferiores aos demais. Isto pode levar que o AVG aplicado na floração diminui o tamanho dos frutos.

Observando a figura 2 pode-se observar que a ocorrência de cachos com 4 e 5 frutos representa um porcentagem não representativa, este é um dos fatores de não existir o dado de frutos raleados neste experimento, pois optou-se por não ser realizado raleio, buscando aumentar a produtividade preservado as cachopas com 3 frutos.

Pode-se observar nas doses crescentes de AVG uma mudança clara quando passa do tratamento 4 para o tratamento 5, o que se repete no tratamento 6 e também com a utilização de TDZ, que é a maior porcentagem de cachopas florais com 3 e 4 frutos, sendo que os tratamentos 1, 2, 3 e 4 possuem em média 10,4% dos cachos com 3 frutos, os tratamentos 5, 6 e 7 possuem na média 19,2% dos

cachos com 3 frutos. A diferença já pode ser observada na porcentagem de cachopas com 2 frutos mas foi significativa observando a porcentagem de 3 frutos por cachopa.

Tabela 17- Distribuição das cachopas conforme o número de frutos por cacho nos diferentes tratamentos, expressos em porcentagem, para a cultivar MaxiGala. Pomar 2 - Correia Pinto, 2018/2019.

Trata- mento	1 fruto	2 frutos	3 frutos	4 frutos	5 frutos
1	64,7% a	26,1% ns	9,2% b	0,0% b	0,0% b
2	64,0% a	24,0%	10,1% b	1,7% b	0,2% b
3	55,8% a	29,5%	12,1% b	2,1% b	0,4% b
4	56,8% a	28,7%	10,4% b	3,3% a	0,8% a
5	42,2% b	33,3%	17,8% a	5,3% a	1,4% a
6	41,6% b	33,6%	19,8% a	4,3% a	0,7% a
7	40,5% b	34,2%	20,1% a	4,4% a	0,7% a
8	55,1% a	30,4%	12,4% b	2,0% b	0,0% b
CV(%)	14,78	15,58	31,43	32,72	14,37

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa.

Dentro dos tratamentos que receberam apenas AVG, tanto para produtividade quanto para frutificação efetiva e número médio de frutos por planta os tratamentos com as doses mais altas de AVG, 5 e 6 sempre foram iguais entre si, mas superiores aos demais e ao testemunha. Os demais tratamentos com AVG em doses menores que 5 e 6, não foram superiores ao testemunha quanto a produtividade e quanto ao número de frutos por planta, apenas superiores em frutificação efetiva.

O Tratamento 7 se destaca em relação aos demais tratamentos, com produtividade superior, frutos maiores e de maior massa, apesar de ter uma semente a menos do que outros tratamentos o que não influenciou na qualidade e/ou formato dos frutos. Os tratamentos com AVG produziram frutos de menores. Nas maiores doses, tratamento 5 e 6, apesar de não ter os frutos com maior massa e tamanho, também demonstraram potencial para incremento de produtividade e foram superiores em frutificação efetiva e número de frutos por planta.

5.2.5. SAFRA ANO AGRÍCOLA 2018-2019 – Pomar 3

Pomar localizado na mesma região do Pomar 2, descrito no item 6.2.4, 7 km de distância em linha reta entre os dois pomares. As condições climáticas dos dois locais foram similares durante o ciclo, com presença de chuvas bem distribuídas ao longo do ciclo, porém como citado anteriormente o ponto climático importante que ocorreu no início da safra 2018/19 foi nebulosidade intensa e constante, com poucas horas de sol e acompanhado de chuvas nos finais de tarde.

Tabela 18. Resultados experimento de incremento na frutificação efetiva e produtividade utilizando o reguladores de crescimento AVG, na cultivar Maxi Gala. Agrospe, Correia Pinto-SC, 2018/2019.

Tratamento	Número de sementes por fruto	Firmeza (N)	SST (°Brix)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Relação (Alt./Diâm.)
1-Testemunha	3,64 ns	68,74 ns	9,98 ns	6,43 ns	5,98 ns	0,93 ns
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	3,28	72,51	10,30	6,37	5,99	0,94
3- AVG 31,25 mg (2x)	3,30	74,48	10,20	6,35	6,04	0,95
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	3,11	71,71	10,55	6,54	5,87	0,91
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	3,29	73,83	10,18	5,96	5,78	0,97
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	3,53	75,86	9,70	5,91	5,57	0,94
CV(%)	18,28	6,36	9,76	5,59	4,17	5,47

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro.

*ns-não houve diferença significativa.

Os parâmetros laboratoriais avaliados na pós-colheita, gerou dados que não foram estatisticamente distintos (Tabela 18). Pode-se observar no parâmetro diâmetro de frutos que apesar de estatisticamente iguais o valor é decrescente conforme aumenta a dosagem do regulador de crescimento, porém este mesmo comportamento é observado para altura dos frutos, sendo que os três primeiros tratamentos são praticamente iguais.

A produtividade (Tabela 19) ficou dividida em quatro grupos de médias estatísticas sendo que o com 70,6 toneladas por hectare o tratamento 6 foi o tratamento superior aos demais. O tratamento com pior média de produtividade foi o testemunha, tratamento 1 com uma diferença de 17,8 Mg . ha⁻¹, a menos do que o tratamento 6. Os tratamentos 3; 4 e 5 ficaram enquadrados no segundo grupo de produtividade com média de 63,5 Mg . ha⁻¹ entre os tratamentos. O tratamento 2, qual é a dose mais baixa de AVG utilizada dentre os tratamentos do experimento, foi inferior aos demais tratamentos que receberam regulador de crescimento porém com uma produtividade superior ao testemunha.

Tabela 19. Incremento na frutificação efetiva e produtividade da macieira 'Maxi Gala' com a aplicação de AVG, Agrospe, Correia Pinto-SC, 2018/2019.

Tratamento	(t/ha)	Frutifica- ção efetiva (%)	Número de frutos raleados por planta	Número de frutos colhidos por planta	Massa por planta (kg)	Massa
						média unitária dos frutos (g)
1-Testemunha	52,8 d	168,17 c	65,42 c	118,3 d	12,68 d	107,7 a
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	57,4 c	175,26 c	57,50 d	127,0 c	13,79 c	109,9 a
3- AVG 31,25 mg (2x)	62,3 b	179,77 c	78,58 b	135,6 c	14,94 b	110,2 a
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	62,7 b	243,55 b	65,08 c	149,8 b	15,04 b	101,0 b
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	62,6 b	237,67 b	80,92 b	151,3 b	15,02 b	100,8 b
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	70,6 a	278,79 a	129,50 a	183,4 a	16,94 a	93,9 b
CV(%)	4,38	11,55	4,40	3,10	4,38	5,77

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa.

Houve influência dos tratamentos sob o frutificação efetiva onde o tratamento 6 foi superior aos demais tratamentos com o valor de 278,79 % seguido pelos tratamentos 4 e 5 como intermediários e na classe inferior os tratamentos 1; 2 e 3 com média de 174,4%.

A presença de cachopas com 4 e 5 frutos sugeriu realização de raleio manual onde foi contabilizado o número de frutos raleados. O maior número de frutos raleados por planta foi novamente no tratamento 6. Neste 129,5 frutos foram raleados por planta sendo estatisticamente superior aos demais e seguido pelos tratamentos 3 e 5 com 78,58 e 80,92 frutos por planta respectivamente. Os tratamentos 1 e 3 classificados em um terceiro grupo de médias com 62 frutos raleado por planta e o tratamento com menos frutos raleados foi o tratamento 2.

O número de frutos por planta obtido no momento da colheita foi estatisticamente distinto entre os diferentes tratamentos, onde o tratamento 6 foi superior aos demais com 183,4 frutos, seguido pelos tratamentos 4 e 5 com a média de 150,55 frutos entre os tratamentos, isto são aproximadamente 33 frutos menos que o tratamento 6. Os tratamentos 2 e 3, inferiores aos demais porém superiores ao tratamento testemunha em número de frutos na colheita.

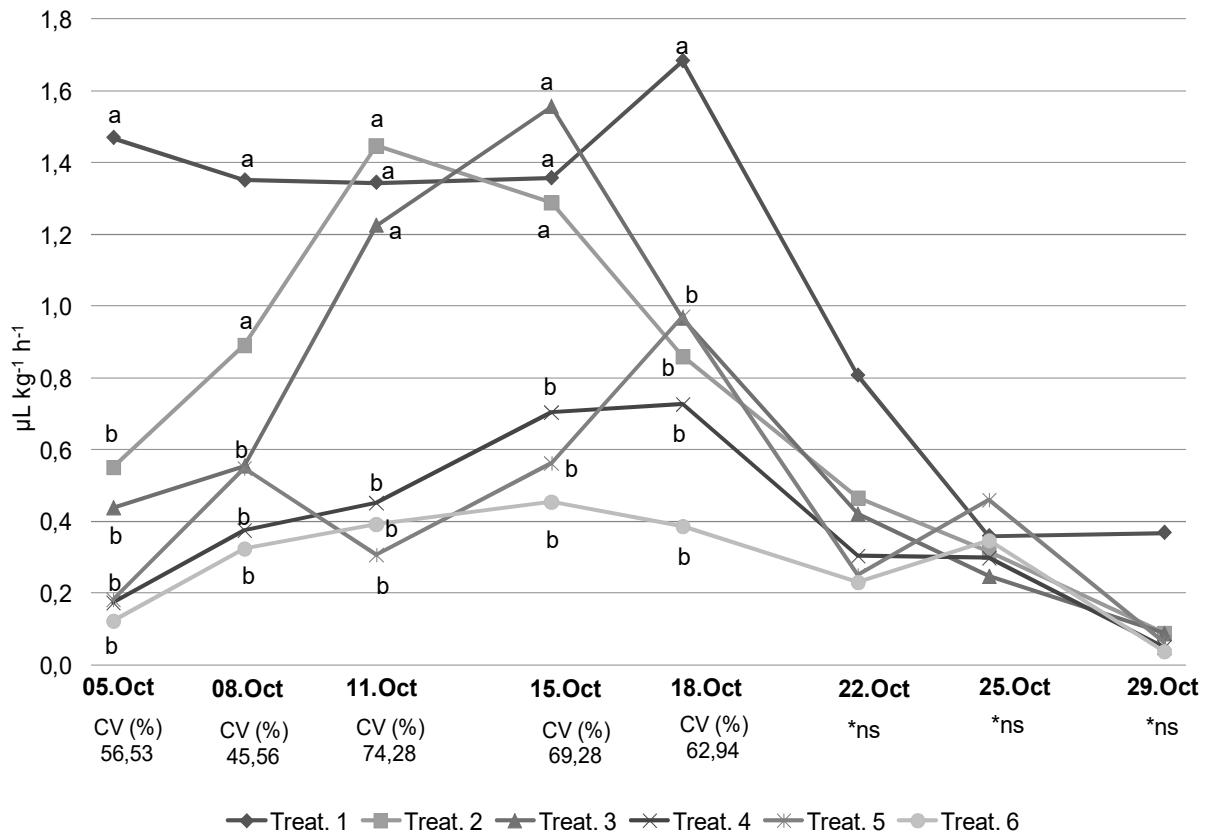


Figura 2. O gráfico representa a produção de etileno em $\mu\text{L}/\text{kg}/\text{hora}$, ou seja tempo e da massa. O eixo X possui datas em quais foram realizadas as medidas do etileno. As aplicações de AVG foram realizadas no dia 04/10/2018 e 09/10/2018. Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa. Correia Pinto-SC, 2018/19.

Analizando o total de frutos das plantas do experimento somando os valores do total de frutos colhidos com o número de frutos raleados nitidamente se percebe a superioridade do tratamento 6 com 312,9 frutos no total, seguidos pelos tratamentos 3; 4 e 5 com média de 220,42 frutos. O tratamento 1 e 2 foram inferiores aos demais com média 184,11 frutos no total por planta.

O tamanho de frutos foi inversamente proporcional ao número de frutos na colheita e ao número total de frutos, sendo que o tratamento 6 resultou nos frutos com menor massa unitária por fruto, média de 93,9g por fruto, porém foi estatisticamente igual aos tratamentos 4 e 5 que tiveram a massa aproximada de 101 gramas por fruto. Os tratamentos 1; 2 e 4 foram superiores com a média entre os tratamentos de 109,3 gramas por fruto.

A produção de etileno medida durante a floração até a formação de frutos jovens. A linha base do comportamento da síntese de etileno é a curva formada pelo

tratamento 1, sem o inibidor da síntese de etileno. As aplicações foram realizadas nos dias 04/10/2018 e 09/10/2018.

O tratamento 1, testemunha, desde a primeira medida demonstra estar produzindo etileno em uma taxa constante, havendo uma crescente de produção demonstrada por um pico na curva no dia 18/10/2018, a partir daí a curva é decrescente. Nesta data pode-se observar o pico de produção também dos tratamentos 5 e 4. Após esta medida todas as curvas foram decrescentes. O tratamento 3 teve seu pico de produção no dia 15/10/2018, o tratamento 2 no dia 11/10.

Na primeira medida pode-se observar nitidamente o efeito do AVG. A curva da testemunha é mais do que o dobro do tratamento 2 que recebeu a menor dose do inibidor da síntese do etileno. 4 dias após a primeira aplicação (08/10) os tratamentos 2 e 5 tinham sua curva crescente em uma taxa mais acelerada que os demais tratamentos.

Com a aplicação do dia 09/10 os tratamentos 4 e 6 desaceleraram a produção e o tratamento 5 reduziu a taxa de produção a valores mais baixos que os tratamentos 4 e 6. Os tratamentos 2 e 3, mesmo com segunda aplicação não reduziram a taxa de produção, sendo no dia 11/10 o pico de produção.

O tratamento 6 demonstrou uma curva de produção com pouca variação, não tendo um pico de produção nítido, onde se comparado ao tratamento testemunha, que teve no pico de produção 1,7 uL/kg/hora o tratamento 6 teve no máximo 0,6uL/kg/hora, ou seja um terço da produção do testemunha, bem como o tratamento 4 que no máximo chegou a 0,7 uL/kg/hora. A figura demonstra com clareza as linhas dos tratamentos 4; 5 e 6 com comportamento distinto dos demais tratamentos.

A Tabela 20 mostra a ocorrência de cachopas com 1, 2, 3, 4 e 5 frutos por cacho. Os tratamentos com doses mais elevadas de AVG, tratamentos 5 e 6, demonstraram ter uma porcentagem maior de cachos com 4 e 5 frutos, sendo que os tratamentos com menor ocorrência de cachos com 1 e 2 frutos e foram semelhantes aos demais tratamentos na porcentagem de cachopas com 3 frutos.

Pela Tabela 20 pode-se observar o comportamento descrito ao interpretar a figura 4, através da análise estatística. Existe diferença significativa onde os tratamentos 5 e 6 são inferiores em cachopas com 1 fruto e são superiores em cachopas florais com 4 e 5 frutos.

Tabela 20- Distribuição das cachopas conforme o número de frutos por cacho nos diferentes tratamentos, expressos em porcentagem, para a cultivar. Maxigala. Correia Pinto, 2016/2017.

Tratamento	1 fruto	2 frutos	3 frutos	4 frutos	5 frutos
1- Testemunha	33,9% a	31,2% ns	21,1% ns	10,9% b	3,0% b
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	31,7% a	32,7%	23,5%	8,8% b	3,2% b
3- AVG 31,25 mg (2x)	27,3% a	31,8%	24,5%	11,6% b	4,8% b
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	29,9% a	31,6%	22,1%	11,6% b	4,8% b
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	23,8% b	30,0%	23,2%	14,1% a	9,0% a
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	19,9% b	29,4%	23,4%	16,4% a	10,9% a
CV(%)	16,34	8,88	14,15	21,35	23,9

Médias seguidas por letras distintas se diferem pelo teste de Scott-Knott.a 5% de probabilidade de erro. *ns-não houve diferença significativa.

A maior ocorrência de cachopas com 4 e 5 frutos refletiu diretamente nos valores do número de frutos raleados por planta. Um maior número frutos por cacho demanda diretamente maior mão de obra para raleio. Esse efeito poderia ser considerado como um efeito colateral de estar induzindo maior frutificação efetiva, pois a inibição da produção de etileno para que não ocorra à formação da camada de abscisão de cachos inteiros, proporciona também uma maior frutificação efetiva nas cachopas resultando em maior porcentagem de cachopas com 3, 4 e 5 frutos.

6. ATIVIDADES A DESENVOLVIDAS NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO ESTADO DE NOVA IORQUE E UNIVERSIDADE DE CORNELL-GENEVA-NY-ESTADOS UNIDOS.

No ano de 2017 foi executado o doutorado sanduíche com participação do programa de pesquisa Terence Robinson, onde foram conduzidas atividades de pesquisa na área de manejo de pomares de macieira, principalmente em experimentos que envolvem a utilização de fitorreguladores sob supervisão de Poliana Francescatto. O ciclo da safra de macieira nos Estados Unidos, por ser um país no hemisfério norte se da entre os meses de abril e novembro. A seguir está colocado um artigo na sua forma pré-publicação que contempla o experimento sobre minha responsabilidade durante o doutorado sanduíche.

6.1. DOUTORADO SANDUÍCHE-ARTIGO

6.1.1. THE ROLE OF ETHYLENE ON FRUITLETS AND APPLE SETTING ON VARIETY SWEETANGO IN EASTERN NEW YORK

6.1.2. ABSTRACT

The aim of this trial was to evaluate the effect of Retain® (a.i. aminoethoxyvinilglycine - AVG) sprayed on different times with the same rate on fruit set, yield, fruit size, fruit number per tree and fruit quality parameters in the growing season of 2017 in eastern NY state at Geneva (USA). Treatments that have been used were AVG 62.5 mg.L⁻¹ (Retain® 415 mg.L⁻¹) sprayed at Full bloom; the same rate at petal fall (13 days after full bloom-DAFB); the same rate sprayed on fruitlets 20DAFB on Sweetango® apple trees arranged in a randomized block design. Fruit set, number of fruit per tree and yield are significantly improved and positively related to AVG spray time. Fruit size was reduced on treatments with AVG. Late sprays got the best results, 30% more fruit set and more 10 Mg.ha⁻¹ on yield. Spray 20 DAFB set more clusters with 3 fruitlets. AVG sprays have significantly effect on fruitlet ethylene production 15 and 18 DAFB.

KEYWORDS: *malus domestica* B., plant growth regulators, ethylene, fruit drop, fruit quality.

6.1.3. INTRODUCTION

Total apple fruit production in United States are close to 5,2 million metric tons (NASS-USDA, 2018¹), the biggest grower state is Washington followed by New York State (NY) that grows close to 590 thousand metric tons (NASS-USDA, 2018²). More than 100 apple varieties are grown commercially in the United States, but a total of 15 popular varieties account for almost 90 percent of production (US Apple association, 2019).

New apples are getting in the market and there has been a rapid acceleration of new marketing strategies (BROWN & MALONEY, 2013), most of them are club varieties that are getting important space in the market and increasing profitability for the growers. 'Sweetango'® is a hybrid of 'Honeycrisp' x 'Zestar', developed by the University of Minnesota, is a variety of the cooperative NBT (Next Big Thing) that award exclusive rights (BROWN & MALONEY, 2009). Some growers on NY are co-op on the NBT and grow this variety in NYS. On New York State climatic condition for

most of the traditional apples is not necessary to increase fruit set more, normally is necessary to thin apples manually or using plant growth regulators.

The variety Sweetango is an early bloom cultivar, a bigger fruit set is desired, is a high value apple and normally does not get big yields. Fruit set is directly related with normal pollination and flower ovary fertilization. This three could be related to: bloom intensity, pollen quantity and quality, pollinator agent (bees) activity, combination between pollination variety and produce variety, and environmental conditions. The use of aminoethoxyvinilglycine (AVG) ethylene synthesis inhibitor at bloom has showed efficiency on ovule viability, fruit set and seeds number on different kind of fruits, as apples, pears and cherries (GREENE, 1980; DUSSI et al., 2002; RETAMALES et al., 2010; WARNER, 2014; LAFER, 2008; LOMBARD & RICHARDSON, 1982).

The research on this way is a challenge considering that PGR's are dependent of too many factors as concentration, plant tissue location and sensibility (DAVIES, 2010). On this way that AVG can increase fruit set, the aim of this work is increase fruit set on 'Sweetango'® it has been developing a experiment at NYSAES-New York State Agriculture Experiment Station (Cornell University) using PGR Retain (AVG) sprayed on different times, evaluating ethylene production at bloom time, fruit set, yield and fruit quality.

6.1.4. MATERIAL AND METHODS

The trial had been installed at Geneva-NY (Latitude 42.867254 N, Longitude -77.035245 W) as complete randomized blocks, with 4 replications. The same doses of AVG (Commercial brand name: Retain®, active ingredient 15% AVG, company: Valent Biosciences) have been sprayed on different phenological stages: at full bloom, petal fall (13 DAFB) and when fruitlets reach 10 to 12 mm (20 DAFB). The sprays had been realized using an air blast sprayer moved by a tractor, until get the runoff, without surfactants, in the morning with mild temperatures. The orchard was planted and trained as a Tall Spindle orchard with tree density of 3,333 trees per hectare, variety 'Sweetango'® grafted on M.9-337 rootstock, planted on 2009. Each experimental unit was three trees.

To evaluate fruit set it has been tagged 4 branches per tree and counted the flower cluster number. Before thinning and after natural fruit drop (June drop) were counted the fruitlet number on each tagged branch. To get the fruit set number it was

considered the relation number of flower clusters (100%) and the total fruitlet that remained from the initial cluster number.

The fruit number per tree and fruit weight was obtained at harvest. The weight was measured in table scale. With fruit weight and fruit number was obtained the average of unitary fruit weight. With the fruit weight per tree and tree density was obtained the estimated yield per hectare multiplying the weight harvested per tree by the tree number per hectare. Fruits in the ground were counted in each tree after harvest.

At harvest a sample of 40 fruits were collected per block for post-harvest laboratorial fruit quality analysis. In lab were evaluated flesh firmness, soluble solids content, fruit diameter, fruit height and ratio between height and diameter.

Flesh firmness was evaluated with an automatic fruit analyzer apparatus (brand Güss Manufacturing, Strand, South Africa), with a probe measuring 11mm of diameter on two equidistant pre-removed skin positions (disc format with 2 cm diameter) on the equatorial part of the apple on a random sample of 20 apples.

Soluble solids content were measured using a digital refratometer. Two slices of each apple were removed on 20 apples and were juiced, and 0,5 ml of this juice was used on the digital refratometer that gave reads in °Brix.

Fruit diameter (D) and height (H) were measured using a measuring tape. Ratio between height and diameter (H/D) is the division of the height of the fruit by the diameter.

The distribution of fruit number per cluster was obtained counting the number of fruit per cluster before thinning and after natural drop, in a sample of 300 hundred clusters per block. Clusters have been classified by 1 fruit, 2 fruits and 3 fruit or more.

Ethylene measurements on flowers and fruitlets were made in a Gas Chromatograph. Each sampling date were collected five clusters from each block (about 25 flowers in average), early in the morning with mild temperatures, and each block sample was placed in a jar (120ml volume each jar), keeping the jar opened during 10 minutes to eliminate the ethylene produced by the cut. After 10 minutes the lids of the jars were placed and jars closed. The lids had a rubber plunger installed that allows needle penetration (to collect gases from inside of the jar with a syringe) but did not allow gas exchange with the external environment, keeping the jars sealed.

Jars were stored during four hours in a 20 to 21 degrees Celsius room before start the gas sampling from each jar. Gas samplings were made 4 hours after close the jars using a 1ml syringe with a needle attached. In each jar were collected 3 samples. Each sample was injected in the gas chromatograph brand Hewlett Packard, model 5890 series II, with a flame ionization detector (FID) and a column, one sample at time.

Table 21. Increase fruit set experiment on Sweetango® apple variety using plant growth regulator (PGR) aminoethoxyvinilglycine (AVG), commercial name Retain®. Trial treatments including spray date, number of days after full bloom (DAFB), rate of the active ingredient and rate of commercial PGR. Geneva-NY- USA, 2017.

Phenological Stage	Full Bloom	Petal Fall	Fruit Set
Date	05/03/2017	05/16/2017	05/23/2017
DAFB	0	13	20
Treatments	PGR name and rates by commercial brand and active ingredient		
1		Control	
2	(AVG 62.5 mg.L ⁻¹)		
3		(AVG 62.5 mg.L ⁻¹)	
4			(AVG 62.5 mg.L ⁻¹)

After the gas chromatograph provided the result of the measurement, each jar was opened and the sample was weighted in a precision scale. It has been calculated the ethylene synthesis on $\mu\text{LC}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ by the ethylene concentration (provided by the GC), sample weight, empty space in the jar and time that jar remained closed.

Analysis of variance (ANOVA) analyzed by F test and data that show significant difference have been submitted to Tukey's test at 5% of significance for mean comparison.

6.1.5. RESULTS AND DISCUSSION

Fruit Set has different results when sprayed AVG on different times. Fruit set has been increased positively as late as the spray is. Treatment 3 and 4, AVG spray at petal fall and on fruitlets respectively, got the best results, close to 30% more fruit set than control, getting more than 90% of fruit set, it means that it has produced more than 90 fruits in each 100 clusters. On variety 'Royal Gala' sprayed between pink stage and full bloom with 60 ppm of AVG, they got the worst result for fruit set, less than control, and got the best results using 30 ppm of AVG, fruit set was 143% more than control (PETRI et al., 2017).

In the present study spray AVG at full bloom has some effect, doing better than control, corroborating that AVG sprayed at full bloom increase fruit set (PETRI & LEITE, 2009), but less than spray on petal fall or spray on fruitlets. Fruit set has increased when sprayed at full bloom with 200 ppm for apples McIntosh, Red Delicious and Golden delicious, but 100 ppm has effect just on McIntosh (RAHEMI et al, 1997). Data found on pears 'Garber' show that AVG don't have any effect on fruit set (TAVARES et al., 2002) different from the classic study on pears 'Comice' with AVG at different times and rates that best result for fruit set was spraying AVG 2 weeks after full bloom (LOMBARD & RICHARDSON, 1982), on 'Packham's Triumph' pears with different doses AVG sprays got best performance than control (DUSSI, SOSA & CALVO, 2002).

Yield, with dropped and without dropped, on treatments 3 and 4 got better results than treatments 1 and 2. 3 and 4 got 10 tons more than the average of the other treatments. Fruit number per tree is better on treatment 4, 15% better than spray on petal fall and 35% better than treatment 2 and control. Spraying AVG 2 times, at full bloom and 2 weeks later, on pears was found the best result.

Table22.Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed at different times on 'Sweetango'® apple variety. Geneva-NY-EUA, 2017.

Treatments	Fruit Set (%)	Estimated Yield with Dropped (t/ha)		Estimated yield without dropped (Mg/ha)		Fruit number per tree	Dropped fruit at harvest	(g)	Fruit weight average
1 Control	65,01	c	51,37	b	44,71	b	75,00	c	10,60
2 (AVG 62,5 mg.L ⁻¹)	84,39	b	53,45	b	44,40	b	81,20	c	16,81
at full bloom								a	163,02
3 (AVG 62,5 mg.L ⁻¹)	91,51	a	60,52	a	54,30	a	93,05	b	10,70
at Petal Fall -13								b	173,64
DAFB									a
4 (AVG 62,5 mg.L ⁻¹)	95,72	a	65,14	a	57,79	a	106,15	a	13,50
on Fruitlets - 20								b	161,66
DAFB									b
CV (%)	16,69		13,59		14,20		17,29		6,72

Averages followed by the same letter in the column do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability.

On 'Royal Gala' apples yield was not significant different between AVG treatments comparing yield of each season of the 4 seasons of the study, but was different comparing accumulated yield 4 years fruit number per tree the use of AVG or AVG+(BA-6+GA₄₊₇) at full bloom got better results (PETRI, et al., 2017).On 'Williams' pears AVG got positive significant results for fruit number per tree and fruit

weight per tree using 125 ppm of AVG at the end of bloom time (LAFER, 2008). 'Santa Maria' and 'Abate Fetel' Pears increased yield and fruit number per tree with different doses of AVG sprayed one week after full bloom (PASA et al., 2017).

Fruit weight got the biggest value on control treatment and AVG sprayed at petal fall. AVG sprays shows that can increase the occurrence of smaller fruits than without AVG sprays. One point is that treatments with AVG spray have more fruit, so result in more competition for nutrients, water and photosynthesis products (HANSEN, 2009), this competition could reduce fruit size, in case of the treatment 4, about to 30 fruits more than treatment 1 where fruits are bigger. With 'McIntosh' and 'Golden Delicious' apples with 100 ppm AVG or 200 ppm AVG fruit weight was smaller than control, on Delicious apples just with 200 ppm (RAHEMI, et al., 1997), and on the same happens with 'Royal Gala' apples fruit size was reduced using AVG on bloom (PETRI et al., 2017). Another point is that AVG could had an negative effect on fruit size when sprayed at full bloom by some influence on physiological process of cell division or cell expansion at this phenological stage, resulting on fruits with size reduced, in case of treatment 2 that fruit number is the same of treatment 1 and fruit size is smaller than 1. In another studies with pears was found that use of AVG reduce fruit size (LOMBARD & RICHARDSON, 1982; DUSSI, SOSA & CALVO, 2002; EINHORN et al., 2013).

Fruit quality parameters as flesh firmness, soluble solid content, seeds number, diameter, height, and ratio of height by diameter do not show any difference between AVG sprays on different times. In four years of study just in on two seasons ratio H/D was significant using AVG at full bloom but data are contradictory in these two years, there was no difference on seeds number too (PETRI et al., 2017). On pears 'Comice' using AVG seeds number was bigger on spray at full bloom and reduce on treatments with late spray (LOMBARD & RICHARDSON, 1982).

Table 23. Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed 0, 13 and 20 DAFB. Results of fruit quality parameters: flesh firmness (FF); soluble solid content (SS); seeds number, fruit diameter; fruit height; and height by diameter ratio .Geneva-NY-EUA, 2017.

Treatments	FF (N)	SS (°Brix)	Seeds number	Diameter (cm)	Height (cm)	Height by diameter ratio
1 Control	63,81	ns	13,73	ns	4,50	ns
2 (AVG 62,5 mg.L ⁻¹) at full bloom	63,96	13,75	4,63	6,87	6,70	0,97
3 (AVG 62,5 mg.L ⁻¹) at Petal Fall -13 DAFB	65,27	13,90	4,55	7,06	6,72	0,95
4 (AVG 62,5 mg.L ⁻¹) on Fruitlets – 20 DAFB	65,31	13,60	4,50	7,03	6,75	0,96
CV(%)	2,83	4,76	22,43	3,76	2,68	2,90

Averages with ns means not significant by Tukey test at 5% probability.

The cluster distribution did not show any significant difference between treatments for clusters with one or two fruits. Clusters with three fruits had difference between treatments, where sprays at petal fall and on fruitlets increased the percentage of clusters with three fruits (Figure 5). Fruit number per tree could be increased by the difference in number of fruitlets per cluster that summed in the whole tree clusters with more fruit made the difference in total fruit number. Three fruit per cluster could reduce fruit size by competition (HANSEN, 2009) so the bigger occurrence of cluster with three fruits could help to explain the reduced fruit size on treatments 4. Did not show significant difference between treatments for clusters with one fruit, but graphic shows that results has trend for treatment 4 to produce less clusters with 1 fruit.

Ethylene had been measured in the first four times just on control and on treatment 2 that had already received AVG spray, treatment 3 and 4 were considered like control. On this 4 measurements untreated and treatment 2 curve got the same behavior where Ethylene rate was not significantly different between them and in both curves Ethylene production rate still increasing, is not statistic different but treatment 2 curve still increasing in lower rates, suggesting that AVG 62,5 mg L⁻¹ at FB did not suppress totally ethylene production. Rahemi et al. (1997) found similar results measuring ethylene on flowers sprayed at bloom on three varieties, ethylene evolution was generally lower in AVG treated flowers but the effects were not statistically significant.

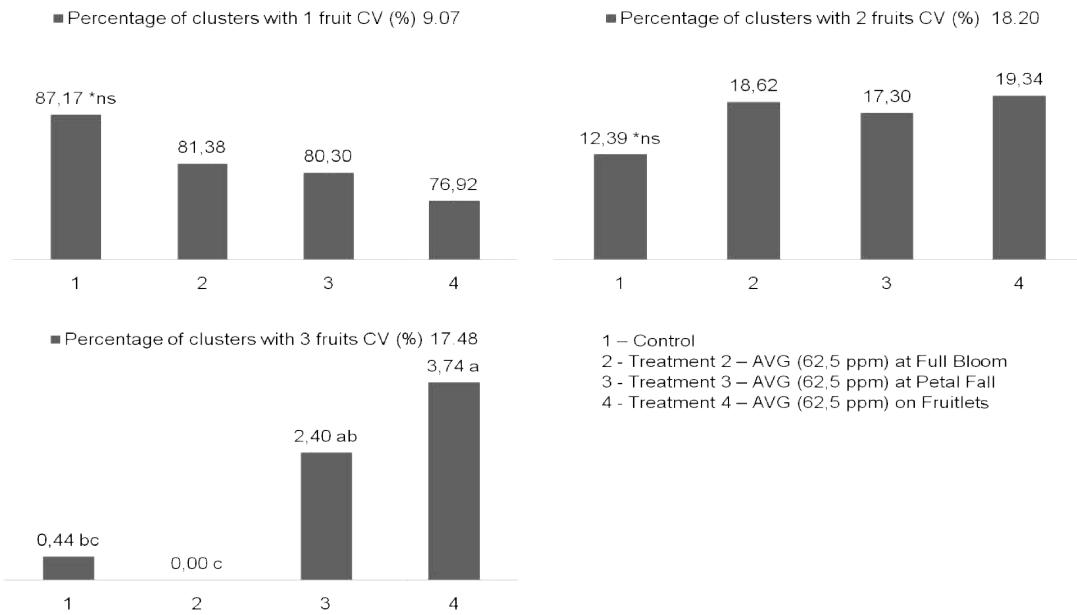


Figure 3. Cluster distribution by fruit number per cluster expressed in percentage. Averages followed by the same letter in the top of the column do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability.*ns- Averages with a*ns means not significant by Tukey test at 5% probability.

On the measurement of ethylene rate on clusters 15 DAFB, was the first measurement of treatment 3. Considering that treatment 3 was producing ethylene in the same rates of control until receive the treatment 13 DAFB, has showed 15 DAFB significant difference compared with untreated, expressing a small rate of ethylene two days after sprayed. On this measurement T2 and T3 were equal and both smaller than untreated that still increasing rates.

18 DAFB control and T2 still increasing the ethylene rates and both are statistically the same. This measurement was the ethylene peak for untreated and treatment 2. T3 was the smaller rate keeping the ethylene rate in the same level of the measurement 15 DAFB. In the interval of measurements of 18 and 25 DAFB, T4 was sprayed (20 DAFB). 25 DAFB all treatments reduced the ethylene production and were statistically equal, so treatments 1 and 2 came from the ethylene production peak to lower level of production, changing radically. If we consider that T4 was producing Ethylene in the same rate as the untreated, this treatment came from the peak to a low level of ethylene production.

The next two measurements clusters were fruilets and showed ethylene rates reducing until got close to zero and did not have any difference between treatments.

If treatment 4 was producing the same rate of the untreated until 20 DAFB, data of measurement 18 DAFB showed that T4 has the biggest ethylene production rate, but T4 set more fruits and got a big Yield, suggesting that after ethylene production peak, the spray with AVG could inhibited the signals for abscission layer formation transmitted by the ethylene before spray. On this way fruitlets that were predicted to be dropped stayed on the tree on trees sprayed with AVG 20 DAFB and fruitlets predicted to drop that didn't receive the spray, T1, dropped more fruit.

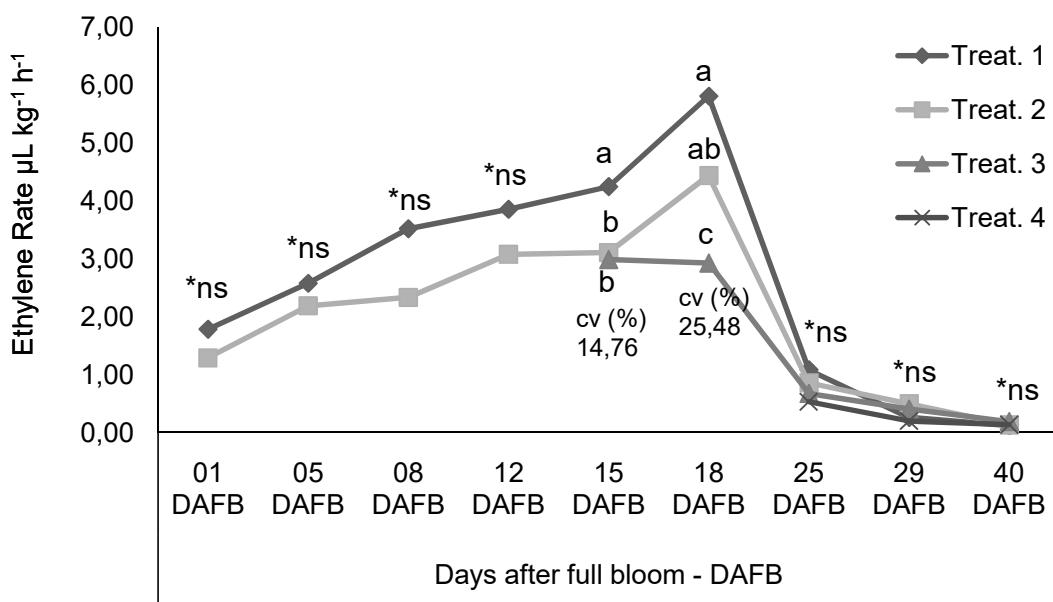


Figure 4. Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed on doses of 62,5 ppm of AVG, 0, 13 and 20 DAFB; and control. Graphic shows the result of ethylene measurements with 3 days interval during early season, starting 1 day after the first spray until measurements get close to zero. Ethylene rates are expressed in $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$. Averages followed by the same letter in the same date do not differ from each other using the Tukey test at 5% probability.*ns- Averages with a *ns means not significant by Tukey test at 5% probability

6.1.6. CONCLUSIONS

1. AVG effectively increased fruit set and yield on 'Sweetango®' apple variety;
2. AVG sprayed on petal fall and on fruitlets got the best results for fruit set and yield on 'Sweetango®' apple variety;
3. Fruit quality parameters were not affected by AVG sprayed at different times;
4. The application of AVG trend to reduce fruit size;

5. AVG reduced ethylene production flowers and fruitlets 'Sweetango®' apple variety 15 DAFB and 18 DAFB;
6. Results show that AVG is a potential tool to help 'Sweetango®' apple growers to increase their fruit set and achieve greater yields and profits.

6.1.7. REFERENCES

BROWN, S.K.; MALONEY, K. E. Making Sense of New Apple Varieties, Trademarks and Clubs: Current Status. **New York fruit quarterly**. v. 17 n.3, p. 9-12, FALL 2009.

BROWN, S.K.; MALONEY, K. E.. An Update on Apple Cultivars, Brands and Club-Marketing. **New York fruit quarterly** . v. 21 . n. 1 p.3-10. Spring 2013.

DUSSI, M. C.; SOSA, D.; CALVO, G. Effects of ReTain on fruit maturity and fruit set of pear cultivars Williams and Packham's Triumph. **Acta Horticulturae** v. 596, p. 767-771, 2002.

EINHORN, T. C.; PASA, M.; TURNER, J..Promotion and management of pear fruiting. **Good Fruit Grower** v.64, p.42-43, 2013.

GREENE, D. W. Effect of silver nitrate, aminoethoxyvinylglycine, and gibberellins A4+7 plus 6-benzylamino purine on fruit set and development of 'Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 105, n. 5, p. 717-720, 1980.

HANSEN, M. Predicting thinning response. **Good Fruit Grower**, March 15, 2009. p. 32-33.

LAFER, G.; Effects of different bioregulator applications on fruit set, yield and fruit quality of „Williams" pears. **ActaHorticulturae**, v. 800, p.183-188, 2008.

LOMBARD, P.B.; RICHARDSON, D.G.. Increase fruit set and cropping of 'Comice' pear trees with an ethylene inhibitor, amino-ethoxyvinylglycine. **Acta Horticulturae**, v. 124, p. 165–170, 1982.

NASS¹- National Agricultural Statistics Service, Agricultural Statistics Board, United States Department of Agriculture (USDA). Crop Production, November 2018. Disponible in: <https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/crop1118.pdf> accessed at: April, 12th, 2019.

NASS²- National Agricultural Statistics Service, Agricultural Statistics Board, United States Department of Agriculture (USDA). 2018 State Agriculture Overview - New York. Disponible in: <https://www.nass.usda.gov/Quick_Stats/Ag_Overview/stateOverview.php?state=NEW%20YORK> Accessed at: April, 12th, 2019.

PASA, M. P., SILVA, C. P., CARRA, B., BRIGHENTI, A. F.; KULKAMP, A. L. S.; SCHMITZ J. D.; KATSURAYAMA, J. M.; CIOTTA, M. N.. Fruit set and yield of 'Santa Maria' and 'Abate Fetel' pears are increased by early spring application of aminoethoxyvinilglycine (AVG). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n.4, 2017. DOI: 10.5965/223811711642017487

PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Biorreguladores de crescimento na produção de frutas de clima temperado. In: II ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 2, **Anais**. Fraiburgo, SC: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. – EPAGRI, p.123-130, 1999.

PETRI, J.L., COUTO, M., FRANCESCATTO, P., GABARDO, G..The effect of AVG and Promalin on fruit set of apple trees under adverse pollination conditions. **Acta Horticulturae**, v. 1177, p. 235-240, 2017.

RAHEMI, M., DENNIS, F.G. JR., ANDERSEN, R.L., OZGA, J.O. AND. XIA, R.X..The role of ethylene in apple fruit set. **Journal of Horticultural Science**. v.72 p. 67-75, 1997.

RETAMALES, J.; SÁNCHEZ, E.; CURETTI, M. Effect of AVG application on fruit set, yield and fruit size in 'Abate Fetel' and Packam's Triumph' pears in a semi-commercial statistical trial. **Acta Horticulturae** v. 909, p. 435-440, 2010.

TAVALES, J. C.; FACHINELLO, J. C.; DA SILVA, J P.; HERTER, F. G..Fitoreguladoresno aumento da frutificação efetiva e partenocarpia em peras cv. Garber. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 629-630, Dezembro, 2002.

US APPLE ASSOCIATION, Popular Varieties. Disponible in: <<http://usapple.org/the-industry/apple-varieties/>> accessed at: April, 12th, 2019.

WARNER, G. ReTain can improve cherry fruit set. In: **Good Fruit Grower**. 65(3), p. 40-40. 2014.

7. ARTIGO REFERENTE A SAFRA 2018/19

7.1. PLANT GROWTH REGULATOR INCREASE FRUIT SET ON 'GALA' APPLES (CLONE MAXI GALA) IN SOUTHERN BRAZIL – THE ROLE OF ETHYLENE PRODUCTION ON FLOWERS AND FRUITLETS

7.1.1. ABSTRACT

The use of plant growth regulators are tools for growers. In mild climatic grower regions condition as Southern Brazil they could be the key for successful orchard. The aim of this two experiments were evaluate the effect of PGR's sprayed twice, early in the season, during full bloom and petal fall on: fruit set, yield, fruit size, fruit number per tree, fruit quality parameters and ethylene production (E2). The experiments had been conducted during 2018/19 growing season on two different orchards at Correia Pinto, Santa Catarina State, Brazil. Treatments that have been used on both trials were control, 5 treatments using Retain® (15% a.i. AVG) with growing rates ranging from 103,75 mg L⁻¹ to 622,5 mg L⁻¹ and experiment 1(E1) has received two treatments more than experiment 2 (E2), were them: TDZ 20 mg L⁻¹ and the other one the combination (Stimulate® 2 ml L⁻¹ + Hold® 2 ml L⁻¹). Both trials were on 'Gala' apple trees arranged in a randomized block design. On E1 TDZ and Retain®, the two higher doses, got the best results for fruit set, 130% more than control, and fruit number per tree, 98% more fruits than control. TDZ had the biggest yield, 60 Mg ha⁻¹, followed by the two higher doses of Retain®, 42 Mg ha⁻¹. All doses of Retain® had negative influence on unitary fruit weight, fruit height and diameter. On E2, Retain® 622,5 mg L⁻¹ had the best result for all productive parameters, yield was 18 Mg ha⁻¹ more and fruit set 65% bigger than control. Ethylene rate is bigger on control treatment in the first day after spray one. Ethylene production was not reduced after the second spray on treatments with 103,75 mg L⁻¹ and 207,5 mg L⁻¹ of Retain®. On E1 TDZ has a prominent result, doing better than Retain® in all doses. Both trials had showed that Retain® had significant positive influence on fruit set and yield, increasing results with higher doses. E2 show that Retain® has effect on ethylene production suppression on flowers and fruitlets.

KEYWORDS: *malus domestica* B., plant growth regulators, ethylene, fruit drop, fruit quality.

7.1.2. INTRODUCTION

Apple production in Brazil has a big social role creating 100 thousand labor positions and has 3.450 growers (PETRI, et al. 2011). Southern Brazil is responsible for more than 95% of the total Brazilian production that drift around 1 million tons of apples per season (IBGE, 2017), where 50% of this production are 'Gala' and its mutants (THEWES et al., 2015). Gala is a cross between 'Kidd's Orange Red' x 'Golden Delicious', in New Zealand on year 1934 and start to be commercialized in 1965 (CAMILLO & Denardi, 2006). Maxi Gala is a Gala somatic mutant with more red skin color intensity (FIORAVANÇO, 2010).

For Gala apple production is necessary between 600 to 800 chill hours during winter months (CAMILLO & DENARDI, 2006). Fruit set on apples is dependent of innumerable factors. A normal fruit set is considered when 0,5% to 10% (DENNIS, 1996), 5 to 10% (HAWERROTH e PETRI, 2011). For Monelise (1986) 10 to 30% of flowers will be fertilized and develop fruitlets and just 5 to 15% of the initial flower number will develop until the end of the season.

Flower quality, plant nutrition, pruning time, yield on last seasons, sun radiation, temperature, wind, pollination efficiency, pollinator activity (bees primarily), bloom time coincidence between pollinator variety and produce variety, natural abscission induction, cell division and expansion rates (WEBSTER, 2002). Apple tree has a natural mechanism of load auto-regulation that is responsible for fruitlet drop (DAL CIN et al., 2005). The fruitlet drop happens 5 to 6 weeks after blossom were fruitlets are on cell division stage (DAL CIN, et al., 2009a, 2009b). Flowers with low quality will be fruitlets just if find optimum conditions for pollination and ovule fertilization (WEBSTER, 2002).

Climatic conditions in the current season, the past season have a main effect on apple fruit set in Brazil, a mild clime condition, where low fruit sets are registered, with the events of low chill hours accumulation and low temperatures after pollination (PETRI e PASQUAL, 1981). Microclimatic conditions had effect on fruit set. Shade days, rainy days, even if small volume of rain could reduce pollination (FIORAVANÇO, 2010). Plant growth regulators (PGR) are tools to increase fruit set if applied at the right phenological stage and rates (LAFER, 2008).

Results of PGR sprays shows that the effect could be influenced by clime, specie, tree aspect, phenological stage and rates, where phenological stage can be more important than rates to increase fruit set (LEITE, et al. 2010). The PGR

aminoethoxyvinilglycine (AVG) is an ethylene production inhibitor, responsible for blinding the active site of ACC (1- aminocyclopropane-1-carboxylate) synthase, ethylene precursor enzyme (HUAI et al., 2001). On pears 'Comice' where found that AVG increase fruit set (LOMBARD & RICHARDSON, 1982), on pears 'Packhans triumph' AVG sprayed right after bloom period has increased fruit set and yield (DUSSI et al. 2002), when sprayed on 'Williams' pears at the end of bloom , yield has increased (LAFER, 2008). Dussi et al. (2011) working on pears found that AVG sprayed at full bloom didn't have significant effects comparing with control, but when sprayed one week after bloom got positive results for fruit set.

Considering 'Gala' responsible half of the apple produced in Brazil, Brazilian climatic conditions is marginal, mild, for apple production and problems with fruit set are reported, the aim of this work is increase fruit set using the plant growth regulator AVG developing a experiment in southern Brazil region.

7.1.3. MATERIALS AND METHODS

Two experiments have been installed at Correia Pinto-SC-Brazil (Classified by Köeppen as CfB clime), experiment 1 (E1) (Latitude -27.714126, Longitude -50.320801) and experiment (E2) (Latitude -27.670777, Longitude -50.374225). Both trials used complete randomized blocks, with 4 replications. In both experiments six treatment are the same, control and a range of five doses AVG (Commercial brand name: Retain®, active ingredient 15% AVG, company: Valent Biosciences) have been sprayed twice with the same dose. In E1 two more treatments have been used, TDZ 20 mg L⁻¹ and the other one the combination of Stimulate® 2 ml L⁻¹ and Hold® 2 ml L⁻¹ (Table 1 and Table 2).The sprays had been realized using an air blast sprayer moved by a tractor, until get the runoff, without surfactants, in the morning with mild temperatures. E1 orchard planted and trained as central leader, with tree density of 1.667 trees/ha, grafted on 'Marubakaido' with M.9 inter-stem, planted on 2011. E2 orchard is trained in central leader system with 4.137 trees/ha, grafted on M.9, planted in 2011. To evaluate fruit set it has been counted cluster number at bloom of the whole tree. After November drop, fruitlets have been counted. At thinning time fruitlets thinned have been counted on E2. E1 thinning was not realized. To get the fruit set number it was considered the relation between number of fruitlets that remained for each hundred flower clusters counted at bloom. The fruit number per tree and fruit weight was obtained at harvest, realized on February, 2019. The

weight was measured in table scale. With fruit weight and fruit number was obtained the average of unitary fruit weight. With the fruit weight per tree and tree density was obtained the estimated yield per hectare multiplying the weight harvested per tree by the tree number per hectare. Fruits in the ground were counted in each tree after harvest. At harvest a sample of 20 fruits were collected per block, per treatment, for post harvest laboratorial fruit quality parameters analysis. In lab were evaluated flesh firmness, soluble solids content, fruit diameter, fruit height and ratio between height and diameter. Flesh firmness was evaluated with an automatic fruit analyzer apparatus, with a probe measuring 11mm of diameter on two equidistant pre-removed skin positions (disc format with 2 cm diameter) on the equatorial part of each apple. Soluble solids content were measured using a digital refratometer. Two slices of each apple were removed on 10 apples and were juiced, and 0,5 ml of this juice was used on the digital refratometer that gave reads in °Brix. Fruit diameter (D) and height (H) were measured using a measuring tape. Ratio between height and diameter (H/D) is the division of the height of the fruit by the diameter. The distribution of fruit number per cluster was obtained counting the number of fruit per cluster before thinning and after natural drop, in a sample of 300 hundred clusters per block. Clusters have been classified by 1 fruitlet, 2 fruitlets, 3 fruitlets 4 fruitlets 5 fruitlets or more. Ethylene measurements were made on E2, in flowers and fruitlets in a Gas Chromatograph. Each sampling date were collected five clusters from each block (about 25 flowers in average), early in the morning with mild temperatures, and each block sample was placed in a jar (120ml volume each jar), keeping the jar opened during 10 minutes to eliminate the ethylene produced by the cut. After 10 minutes the lids of the jars were placed and jars closed. The lids had a rubber plunger installed that allows needle penetration (to collect gases from inside of the jar with a syringe) but did not allow gas exchange with the external environment, keeping the jars sealed. Jars were stored during four hours in a 20 to 21 degrees Celsius room before start the gas sampling from each jar. Gas samplings were made 4 hours after close the jars using a 1ml syringe with a needle attached. In each jar were collected 3 gas sample replications (three 1ml syringes). Each sample was injected in the gas chromatograph, with a flame ionization detector (FID) and a column, one sample at time.

Table 24. Experiment 1- Increase fruit set experiment on 'Maxi Gala' apple variety using plant growth regulator (PGR) aminoethoxyvinilglycine (AVG), commercial name Retain®(15% a.i.). Trial treatments including spray date, rate of the active ingredient and rate of commercial PGR. Correia Pinto-SC-Brazil, 2018/2019.

Phenological stage Treatments/Date→	Plant Growth regulator and doses Active ingredient / Commercial name	
	60-80% de F2* 04/10/2018	starting de H** 09/10/2018
1	Water	Water
2	AVG 15,56ppm	AVG 15,56ppm
3	AVG 31,13 ppm	AVG 31,13 ppm
4	AVG 46,69 ppm	AVG 46,69 ppm
5	AVG 62,5 ppm	AVG 62,5 ppm
6	AVG 93,6 ppm	AVG 93,6 ppm
7	TDZ 20 ppm / 20mg L ⁻¹	TDZ 20 ppm / 20mg L ⁻¹
8	Stimulate 2 ml L ⁻¹ + 1 ml L ⁻¹	Stimulate 2 ml L ⁻¹ + 1 ml L ⁻¹

Table 25. Experiment 2- Increase fruit set experiment on 'Maxi Gala' apple variety using plant growth regulator (PGR) aminoethoxyvinilglycine (AVG), commercial name Retain®(15% a.i.). Trial treatments including spray date, rate of the active ingredient and rate of commercial PGR. Correia Pinto-SC-Brazil, 2018/2019.

Phenological Stage Treatments/Date→	Plant Growth regulator and doses Active ingredient / Commercial name	
	60-80% of F2* 04/10/2018	Starting H** 09/10/2018
1	Water	Water
2	AVG 15,56ppm	AVG 15,56ppm
3	AVG 31,13 ppm	AVG 31,13 ppm
4	AVG 46,69 ppm	AVG 46,69 ppm
5	AVG 62,5 ppm	AVG 62,5 ppm
6	AVG 93,6 ppm	AVG 93,6 ppm

After the gas chromatograph provided the result of the measurement, each jar was opened and the sample was weighted in a precision scale. It has been calculated the ethylene synthesis on $\mu\text{LC}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ by the ethylene concentration (provided by the GC), sample weight, empty space in the jar and time that jar remained closed. Analysis of variance (ANOVA) analyzed by F test and data that show significant difference have been submitted to Tukey's test at 5% of significance for mean comparison.

7.1.4. RESULTS AND DISCUSSION

RESULTS EXPERIMENT 1- Fruit quality parameters flesh firmness, soluble solids content and ratio height/diameter didn't show any significant difference. Less number of seeds was verified on treatments 7 and 8, about 1 seed less per fruit. Fruit diameter and height average are significantly smaller on fruit that have received AVG sprays in all doses, where diameter is 41 mm bigger, 7%, on non AVG treated fruits, the same for fruit height, 41mm between the average of the fruits from the bigger treatments and smaller ones, 6,36cm and 5,95cm respectively (Table 3).

Table 26.Experiment 1- Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results of fruit quality parameters: flesh firmness (FF); soluble solid content (SS); seeds number, fruit dimeter; fruit height; and height by diameter. Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.

Treatment	Seeds number per fruit	FF (N)	SS (°Brix)	Fruit Diameter (cm)	Fruit Height (cm)	Ratio height/Diam.
1-Control	6,64 a	74,95 ns	10,38 ns	6,48 a	6,28 a	0,97 ns
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	6,73 a	80,75	11,78	6,04 b	6,03 b	1,00
3- AVG 31,25 mg (2x)	6,98 a	85,46	9,83	6,11 b	5,93 b	0,97
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	6,54 a	82,08	11,15	6,21 b	6,01 b	0,97
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	6,66 a	83,25	11,03	6,11 b	5,93 b	0,97
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	7,21 a	68,64	10,55	6,00 b	5,83 b	0,97
7- TDZ 20 mg L ⁻¹	5,60 b	80,22	10,20	6,56 a	6,40 a	0,98
8- Stimulate 2 ml L ⁻¹ ¹ +Hold 2 ml L ⁻¹ (2x)	5,78 b	89,10	10,80	6,46 a	6,40 a	0,99
CV(%)	7,52	12,75	10,29	3,29	3,30	1,99

Averages followed by the same letter in the column do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability.

Yield is statistically divided on three mean groups. Treatment 7, TDZ, got the best result 60,1 Mg . ha⁻¹, it is 33,5 Mg .ha⁻¹more than control. Treatments with higher doses of AVG, 5 and 6, are the second best result 11,74 Mg . ha⁻¹ more than the average of the lower yields, 200% more than control. Lower doses of Retain than 415 mg L⁻¹ showed that had no effect on yield. On fruit set all treatments that have received some PGR are better than control. TDZ and higher doses of retain got the best results for fruit set, being more than twice the value of control. Lower doses of Retain had influence on fruit set. Fruit number per tree are bigger on treatments that got the best fruit set and yield, where them had 94,37 fruits more than other

treatments. Unitary fruit weight, as fruit diameter and height, are smaller in all treatments sprayed with Retain, being close to 17 grams of difference per fruit (Table 4). The percentage of clusters with 1, 3, 4 and 5 fruitlets are significantly different. TDZ and higher doses increased the percentage of clusters with 3, 4 and 5 fruitlets, and reduced percentage of clusters with 1 fruit. The control treatment doesn't have clusters with 4 and 5 fruitlets. This result indicates that TDZ and higher doses of Retain reduce natural abscission of fruitlets in clusters.

Table 27. Experiment 1- Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results productive parameters: estimated yield, fruit number per tree, fruit set, fruit weight per tree; unitary fruit weight. Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.

Treatment	Yield (t/ha)	Fruit Set (%)	Fruit number per tree	Fruit Weight per tree (kg)	Unitary fruit weight (g)
1- Control	26,5 c	56,31 c	128,3 b	7,96 c	125,4 a
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	29,6 c	82,62 b	158,1 b	8,88 c	113,8 b
3- AVG 31,25 mg (2x)	29,3 c	73,42 b	157,0 b	8,79 c	113,7 b
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	35,2 c	96,43 b	192,4 b	10,55 c	110,3 b
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	43,7 b	134,53 a	244,8 a	13,10 b	107,1 b
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	42,5 b	117,65 a	235,3 a	12,74 b	108,9 b
7- TDZ 20 g/ha	60,1 a	137,50 a	285,6 a	18,04 a	127,4 a
8- Stimulate 2l/ha+Hold 2l/ha (2x)	36,2 c	82,38 b	168,4 b	10,85 c	130,3 a
CV(%)	17,31	22,79	18,15	17,31	7,95

Averages followed by the same letter in the column do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability.

Table 28-Experiment 1- Flower cluster distribution by fruitlet number per cluster on different treatments expressed in percentage on Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Correia Pinto-SC-Brazil, 2018/2019.

Treat- ment	1 fruitlet	2 fruitlet	3 fruitlet	4 fruitlet	5 fruitlet
1	64,7% a	26,1% ns	9,2% b	0,0% b	0,0% b
2	64,0% a	24,0%	10,1% b	1,7% b	0,2% b
3	55,8% a	29,5%	12,1% b	2,1% b	0,4% b
4	56,8% a	28,7%	10,4% b	3,3% a	0,8% a
5	42,2% b	33,3%	17,8% a	5,3% a	1,4% a
6	41,6% b	33,6%	19,8% a	4,3% a	0,7% a
7	40,5% b	34,2%	20,1% a	4,4% a	0,7% a
8	55,1% a	30,4%	12,4% b	2,0% b	0,0% b
CV(%)	14,78	15,58	31,43	32,72	14,37

Averages followed by the same letter in the column do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability.

RESULTS EXPERIMENT 2- Fruit quality parameters flesh firmness, soluble solids content, ratio height/diameter, diameter, height and seeds number are not significantly different for all treatments. Not statistically different but is possible to check a trend on fruit height and fruit diameter, that both were decreased as the Retain doses increased. Yield on treatment 6 is bigger than all other treatments, 18 Mg ha⁻¹ more than control that got the worst Yield. All treatments sprayed with retain are better than control. Intermediary doses of AVG, treatments 3, 4 and 5 got the same yield.

Table 29.Experiment 2-Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results of fruit quality parameters: flesh firmness (FF); soluble solid content (SS); seeds number, fruit diameter; fruit height; and height by diameter. Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.

Treatment	Seeds number per fruit	FF (N)	SS (°Brix)	Fruit Diameter (cm)	Fruit Height (cm)	Ratio height/Diam.
1-Control	3,64 ns	68,74 ns	9,98 ns	6,43 ns	5,98 ns	0,93 ns
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	3,28	72,51	10,30	6,37	5,99	0,94
3- AVG 31,25 mg (2x)	3,30	74,48	10,20	6,35	6,04	0,95
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	3,11	71,71	10,55	6,54	5,87	0,91
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	3,29	73,83	10,18	5,96	5,78	0,97
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	3,53	75,86	9,70	5,91	5,57	0,94
CV(%)	18,28	6,36	9,76	5,59	4,17	5,47

Averages followed by the same letter in the column do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability.

Fruit set is significantly different and increase as the retain dose was increased, where treatment 6 got 278,79%, it is 60% bigger than control. It has been realized hand thinning and thinned fruits counted. On treatment 6 129,5 fruits were thinned per tree being bigger than the other treatments, followed by treatments 3 and 5. With fruit number per tree occur the same as fruit set increase as the doses increased, and treatment 6 got the best result. Summing the total fruit, including thinned fruits and harvested fruits treatment 6 has 312,9 apples and treatment 1 and 2 are the treatments with the low fruit number. Unitary fruit weight is inversely proportional to fruit number per tree at harvest, where is found the biggest fruit number per tree is found the small fruit, treatment 6 fruits weight is 93,9 g per fruit, statistically the same value of treatments 4 and 5. Treatments 1, 2 and 3 are superior on fruit weight (Table

7). Flower cluster percentage distribution is significantly different for cluster with 1, 4 and 5 fruitlets. Treatments that had bigger percentage of cluster with 4 and 5 fruitlets are the treatments that had less clusters with one fruitlet. Higher doses of AVG increase the fruitlet number per cluster (Table 8). Ethylene production base line for results is the ethylene production curve of the treatment without ethylene synthesis inhibitor, treatment 1, that show the curve for a natural behavior of ethylene early in the season on flowers and fruitlets without PGR sprays.

Table 30. Experiment 2-Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Results productive parameters: estimated yield, fruit number per tree, fruit set, fruit weight per tree; unitary fruit weight. Correia Pinto-SC- Brazil, 2018/2019.

Treatment	Yield t ha ⁻¹	Fruit Set (%)	Fruit			
			thinned per tree	number per tree	weight per tree (kg)	Unitary fruit weight(g)
1-Control	52,8 d	168,17 c	65,42 c	118,3 d	12,68 d	107,7 a
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	57,4 c	175,26 c	57,50 d	127,0 c	13,79 c	109,9 a
3- AVG 31,25 mg L ⁻¹	62,3 b	179,77 c	78,58 b	135,6 c	14,94 b	110,2 a
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	62,7 b	243,55 b	65,08 c	149,8 b	15,04 b	101,0 b
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	62,6 b	237,67 b	80,92 b	151,3 b	15,02 b	100,8 b
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	70,6 a	278,79 a	129,50 a	183,4 a	16,94 a	93,9 b
CV(%)	4,38	11,55	4,40	3,10	4,38	5,77

Averages followed by the same letter in the column do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability.

Control shows since first measurement significantly difference to the other treatments. First spray in all doses had controlled ethylene production showing reduced rates at October 5th, one day after spray. The lower dose of AVG do not keep ethylene rates as the same level of higher doses 4 days after first spray, and got rates statistically the same of control. The same behavior happened for the second lower dose 8 days after first spray that was registered that treatment 3 has the same ethylene as control and treatment 2 at October 11th. The measurement at October 11th was two days after the second spray, and even received a second spray the two lower doses didn't reduce ethylene production rates.

The 3 higher doses had kept the ethylene production always inferior than control. Treatment intermediary between 2 lower AVG doses and the 2 higher doses has showed a unstable curve. All treatments that have been sprayed reduced ethylene production before control.

Table31- Experiment 2-Flower cluster distribution by fruitlet number per cluster on different treatments expressed in percentage on Increase fruit set on Maxi Gala apples trial using plant growth regulators in early season. Correia Pinto-SC-Brazil, 2018/2019.

Tratamento	1 fruit	2 fruits	3 fruits	4 fruits	5 fruits
1- Control	33,9%	a	31,2% ns	21,1% ns	10,9% b
2- AVG 15,63 mg L ⁻¹ (2x)	31,7%	a	32,7%	23,5%	8,8% b
3- AVG 31,25 mg (2x)	27,3%	a	31,8%	24,5%	11,6% b
4- AVG 46,89 mg L ⁻¹ (2x)	29,9%	a	31,6%	22,1%	11,6% b
5- AVG 62,5 mg L ⁻¹ (2x)	23,8%	b	30,0%	23,2%	14,1% a
6- AVG 93,75 mg L ⁻¹ (2x)	19,9%	b	29,4%	23,4%	16,4% a
CV(%)	16,34	8,88	14,15	21,35	23,9

Averages followed by the same letter in the column do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability.

DISCUSSION- TDZ got the best results in all productive aspects on E1, increasing yield, fruit set and unitary fruit weight, doing better or equal the other better treatments. It is knew that TDZ is a molecule with cytokine action and increase fruit set on Gala apples (AMARANTE et al. 2002), and TDZ got better result than AVG to increase fruit set and yield. TDZ reduced significantly the seed number but didn't affect fruit shape. Retain on both trials had increased fruit set when sprayed twice in all doses, always doing better than control. Petri et al. (2017) got the best results using 30 ppm of AVG, 143% more fruit set than control but didn't got positive result using 60 ppm of AVG, that gave the worst result, less fruit set than control. Using higher doses 100 and 200 ppm on McIntosh and Red delicious apples got positive results on both cultivar with 200 ppm and with the lower dose just in McIntosh apples (RAHEMI et al, 1997). For pears AVG sprayed in early season with different doses has increased fruit set on different cultivars (LOMBARD & RICHARDSON, 1982; DUSSI, et al. 2002). Yield on E1 start to be better than control with Retain 415 mg L⁻¹, on E2 yield is better than control in all doses.

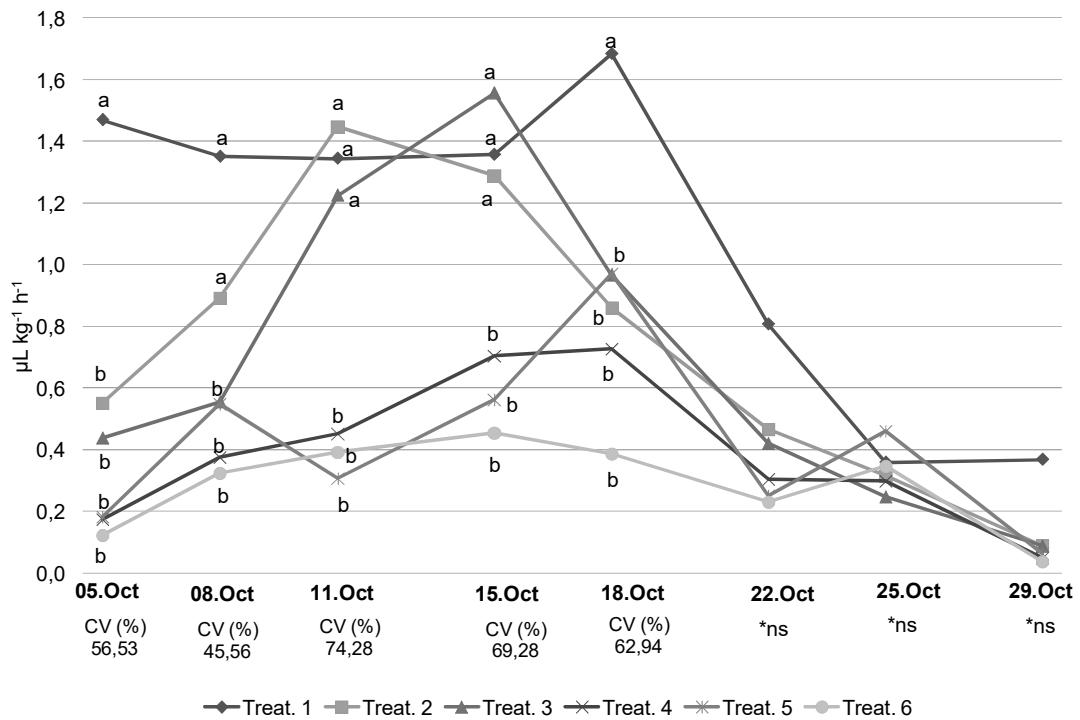


Figure 5. Increase fruit set trial using Retain® (AVG) sprayed on Maxi Gala apple trees with different doses and control. Graphic shows the result of ethylene measurements during early season, starting 1 day after the first spray until measurements get close to zero. Ethylene rates are expressed in $\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Averages followed by the same letter in the same date do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability. *ns- means not significant by test at 5% probability. Correia Pinto – SC-Brazil, 2018-2019.

On 'Royal Gala', in southern Brazil climatic conditions yield was not significant different between AVG treatments in 4 seasons of the study, but the accumulated yield and fruit number per tree were significantly different using AVG and AVG+ at full bloom (PETRI et al. 2017). In the present study Using 62,5 ppm and 93,6ppm of AVG are the best results for fruit number per tree, Lafer et al. (2008) found that spraying AVG 125 ppm at the end of bloom period on Williams pears got the best results for fruit number per tree and fruit weight per tree. Too much fruit is not desired because it can increase costs with thinning, maybe intermediary doses could be a good option. Another point is that retains sprays reduce fruit size, if compared with control, or like in E1 comparing with TDZ treatment and (Stimulate+Hold) treatment. It could be an effect of fruitlet competition (HANSEN, 2009). Smaller fruits on apples

were found when sprayed with Retain in early season on apples (RAHEMI et al., 1997) and on pears (LOMBARD & RICHARDSON, 1982; DUSSI, et al., 2002; EINHORN et al., 2013). The results of cluster distribution by the fruitlet number per cluster on both trial shows that Retain reduce the natural fruitlet abscission, as the AVG rates increase, increase the percentage of clusters with more fruitlets. Control and lower doses had more clusters with one fruit. This is another point to consider, more increase cluster number with more fruitlets, more will increase thinning work. On E2 where ethylene has been measured during early season, data show that high doses do not allow ethylene production peak, and keep production low until all treatments dropped down ethylene production. Lower doses controlled ethylene in the day next to the spray but didn't kept lower rates, increasing production 4 days after spray for treatment 2 and 8 days for treatment 3. The effect of the second spray for treatment 2 and 3 was not the same as the first spray and both didn't reduced ethylene production right after second spray. Comparing data is possible to check that treatments that had less ethylene production had with more fruitlets per cluster, better fruit set, yield and fruit number per tree.

7.1.5. CONCLUSIONS

- AVG effectively increased fruit set and yield on Gala apple in mild climatic condition;
- TDZ increase fruit set, yield and kept fruits as the same size as control on Gala apples;
- Lower doses of AVG are effective to increase fruit set and higher doses (62,5ppm and 93,6ppm) got better results;
- Fruit quality parameters were not affected AVG in all doses;
- AVG reduce fruit height, diameter and unitary fruit weight.
- AVG controls Ethylene production on flower clusters and fruitlets on all doses with better control with 46,69ppm, 62,5ppm and 93,6ppm of AVG;
- Results shown that Retain and TDZ are tools that could be used to get greater yields and profits.

7.1.6. REFERENCES

- AMARANTE, C. V. T.; ERNANI, P. R.; BLUM, L. E. B.; AND MEGGUER, C.A.. Thidiazuron effects on shoot growth return bloom, fruit set and nutrition of apples. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.37, p.1365-1371, 2002.

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: **A cultura da macieira**. EMRPESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO (Org.) Florianópolis, 2006, 746 páginas.

DAL CIN, V.; BARBARO, E.; DANESIN, M.; MURAYAMA, H.; VELASCO, R.; RAMINA, A., Fruitlet abscission: a cDNA-AFLP approach to study genes differentially expressed during shedding of immature fruits reveals the involvement of a putative auxin hydrogen symporter in apple (*Malus domestica* L. Borkh). **Gene** v.442, p.26–36, 2009a.

DAL CIN, V., VELASCO, R., RAMINA, A., Dominance induction of fruitlet shedding in *Malus x domestica* (L. Borkh): Molecular changes associated with polar auxin transport. **BMC Plant Biology**, v.9, p.139–153, 2009b. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-9-139>

DAL CIN, V.; DANESIN, M.; BOSCHETTI, A.; DORIGONI, A.; RAMINA, A. Ethylene biosynthesis and perception in apple fruitlet abscission (*Malus domestica* L. Borkh). **Journal of Experimental Botany**, v.56, p.2995-3005, 2005.

DUSSI, M.C. Sustainable use of plant bioregulators in pear production. **Acta Horticulturae**, v.909, p.353-367, 2011.

DUSSI, M. C.; SOSA, D.; CALVO, G. Effects of ReTain on fruit maturity and fruit set of pear cultivars Williams and Packham's Triumph. **Acta Horticulturae** v. 596, p. 767-771, 2002

DENNIS JUNIOR, F. G. Fruit set. In: The fruit physiology: growth e development. **Good Fruit Grower**, p. 165. 1996.

EINHORN, T. C.; PASA, M.; TURNER, J.. Promotion and management of pear fruiting. **Good Fruit Grower** v.64, p.42-43, 2013.

FIORAVANÇO, J. C.; GIRARDI, C. L.; CZERMAINSKI, A. B. C.; SILVA, G. A. da; NACHTIGALL, G. R.; OLIVEIRA, P. R. D. de. **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 60 p. (Documentos. Embrapa Uva e Vinho, 71).

HANSEN, M. Predicting thinning response. **Good Fruit Grower**, March 15, 2009. p. 32-33.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. (Documentos, n.147).

HUAI, Q.; XIA, Y.; CHEN, Y.; CALLAHAN, B.; LI, N.; KE, H..Crystal structure of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase in complex with aminoethoxyvinylglycine and pyridoxal-5'phosphate provide new insights into catalytic mechanisms. **Journal of Biological Chemistry** v.276, p. 38210-38216, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Quantidade produzida e rendimento médio de maçã. 2017. <Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acess 2019.

LAFER, G.; Effects of different bioregulator applications on fruit set, yield and fruit quality of 'Williams' pears. **Acta Horticulturae**, v. 800, p.183-188, 2008.

LEITE, G. B.; PETRI, J. L.; COUTO, M.; HAWERROTH, F. J. Increasing apple *fruit set* on "Condessa" using growth regulators. **Acta Horticulturae**, n. 884, p. 537-544, 2010.

LOMBARD, P.B.; RICHARDSON, D.G.. Increase fruit set and cropping of 'Comice' pear trees with an ethylene inhibitor, amino-ethoxyvinylglycine. **Acta Horticulturae**, v. 124, p. 165–170, 1982.

Monselise, S. P. Apple: Overview of fruit set and development. In: **Handbook of Fruit Set and Development**. 1st ed. 1986. <https://doi.org/10.1201/9781351073042>

PETRI, J.L., COUTO, M., FRANCESCATTO, P., GABARDO, G..The effect of AVG and Promalin on fruit set of apple trees under adverse pollination conditions. **Acta Horticulturae** v. 1177, p. 235-240, 2017.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; COUTO, M. FRANCESCATTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p.48-56, 2011.
PETRI, J. L.; PASQUAL, M. Polinização da macieira no alto do Rio do Peixe, Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC. **Boletim Técnico** n.1, 40p., 1981.

RAHEMI, M., DENNIS, F.G. JR., ANDERSEN, R.L., OZGA, J.O. AND. XIA, R.X..The role of ethylene in apple fruit set. **Journal of Horticultural Science**. v.72 p. 67-75, 1997.

Thewes, F. R.; Bothl, V.; Brackmann A.; Ferreira, D. F.; Wagner, R.. 1-methylcyclopropene effects on volatile profile and quality of 'Royal Gala' apples produced in Southern Brazil and stored in controlled atmosphere. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.12, p.2259-2266, dez, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141613>

WEBSTER, A.D. Factors influencing the flowering, *fruit set* and fruit growth of European pears. **Acta Horticulturae**, v. 596, p. 699-709. 2002.

7.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a condição climática brasileira para produção de maçãs, é importante que os produtores tenham ferramentas que possam ser utilizadas para obter produtividades altas e com qualidade, visando principalmente rentabilidade dentro de práticas sustentáveis. Os reguladores de crescimento se apresentam como uma dessas ferramentas.

Porém, com os resultados obtidos durante o desenvolvimento dos trabalhos desta tese foi possível constatar o que é dito por demais pesquisadores das mais renomadas instituições, que eles, os reguladores de crescimento apresentam diferentes respostas com interferência de inúmeros fatores. Cabe então ao bom profissional fazer uma leitura da ecologia geral do sistema em que ele está interferindo e associar a isto, quais as possíveis respostas que se espera das plantas, e assim traçar uma estratégia de utilização dos reguladores de crescimento.

Para poder chegar o mais próximo de uma estratégia que direcione para um raleio correto, um incremento de produtividade e uma redução no crescimento vegetativo é importante que se tenha um conhecimento científico sólido. Os resultados do trabalho aqui descrito, cada tabela, cada resultado encontrado pode ser peça fundamental para equacionar a estratégia a ser utilizada.

Apesar da comum utilização do TDZ para incremento da frutificação efetiva nos pomares do Sul do Brasil, pode-se observar nesta tese que existem alternativas ao TDZ que aumentam frutificação efetiva e produtividade em macieiras.

O Retain® demonstrou ter efeito positivo no incremento de frutificação efetiva em pomares. Os resultados com aplicações em dois momentos, ou a aplicação após a plena floração foram as aplicações que demonstraram maior eficiência.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNU, V.; SEEMA, D.; SINGH, J.; PANIGRAHI, H. K.. Effect of phytoregulators on fruit setting and yield of muskmelon (*cucumis melo l.*) hybrid trisha under poly house condition. **International Journal of Agriculture Sciences**. v.9, n. 48, p. 4819-4821, 2017. ISSN: 0975-3710&E-ISSN: 0975-9107.

ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DOS PRODUTORES DE MAÇÃ-AGAPOMI. **Área cultivada com macieiras no rio grande do sul**. 2015. Disponível em: <http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/%C3%81rea-plantada-com-Macieiras-no-Rio-Grande-do-Sul.pdf>, acesso em: 29 de Janeiro de 2017.

ASIN, L.; DALMAU, R.; BONANY, J.; PAGES, J.M. AND VILARDELL, P. Effect of prohexadione-Ca on growth regulation, yield, *fruit set* and return bloom, in „Blanquilla“ and „Conference“, the two main pear cultivars grown in Spain. **Acta Horticulturae**, v.671, p.525-532, 2005.

ALEXANDER, L. AND D. GRIERSON. Ethylene biosynthesis and action in tomato: A model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.2039–2055, 2002.

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

ARTECA N.R. Plant growth substances. Chapman&Hall, New York. 45-222. 1995.

ATAY, E., ATAY, A. N., PIRLAK, L. Determination of Fruit Growth in Some Apple Varieties. **Journal of Agricultural Sciences**. v. 16. p. 1-8, 2010.

BAENA-GONZALEZ, E. SHEEN, J.; Convergent energy and stress signaling. **Trends on Plant Science**, v.13, p.474–482, 2008

BAIN J.M.; ROBERTSON R.N. The physiology of growth in apple fruits. I. Cell size, cell number and fruit development. **Australian Journal of Scientific Research Series B-Biological Sciences**, v.4, p.75-91, 1951.

BASAK, A., BUCZEK, M.;The effectiveness of 3, 5, 6-TPA used against pre-harvest fruit drop in apple. XIth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production., **Acta Horticulturae**, v.884, p.215-222, 2010.

BISHT, T. S.; RAWAT, L.; CHAKRABORTY, B.; YADAV, V.. A Recent Advances in Use of Plant Growth Regulators (PGRs) in Fruit Crops - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** ISSN: 2319-7706 V. 7, n. 05, p.1307-1336, 2018. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.159>

BONGHI, C.; TONUTTI, P.; RAMINA, A.; Biochemical and molecular aspects of fruitlet abscission. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.31, p. 35-42, 2000.

BUBAN T. The use of benzyladenine in orchard fruit growing: a mini review. **Plant Growth Regulation**, v.32 p. 381-390, 2000.

BRACKMANN, A., THEWES, F. R., ANESE, R. O., & BOTH, V. Effect of growth regulators on 'Brookfield' apple gas diffusion and metabolism under controlled atmosphere storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p. 323-329, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000500001>.

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: **A cultura da macieira**. EMRPESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO (Org.) Florianópolis, 2006, 746 páginas.

DAL CIN, V.; BARBARO, E.; DANESIN, M.; MURAYAMA, H.; VELASCO, R.; RAMINA, A., Fruitlet abscission: a cDNA-AFLP approach to study genes differentially expressed during shedding of immature fruits reveals the involvement of a putative auxin hydrogen symporter in apple (*Malus domestica* L. Borkh). **Gene** v.442, p.26-36, 2009a.

DAL CIN, V., VELASCO, R., RAMINA, A., Dominance induction of fruitlet shedding in *Malus x domestica* (L. Borkh): Molecular changes associated with polar auxin transport. **BMC Plant Biology**, v.9, p.139-153, 2009b. [<http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-9-139>](http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-9-139)

DAL CIN, V.; DANESIN, M.; BOSCHETTI, A.; DORIGONI, A.; RAMINA, A. Ethylene biosynthesis and perception in apple fruitlet abscission (*Malus domestica* L. Borkh). **Journal of Experimental Botany**, v.56, p.2995-3005, 2005.

DAVIES, P.J., 2010. **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!**, Terceira edição. Springer, New York, p. 1-802.

DENNE, P. The growth of apple fruitlet and the effect of early thinning on fruit development. **Annals of Botany** v. 24, p. 397-406, 1960

DENNIS JUNIOR, F. G. Fruit set. In: The fruit physiology: growth e development. **Good Fruit Grower**, p. 165. 1996.

DENNIS, F. G. J. Fruit set. In: **The fruit physiology: growth e development: a comprehensive manual for regulating deciduous tree fruit growth and development**. MAIB, K. M. Yakima, Washington: Washington State Fruit Comission, 1996. p. 109-116.

DUSSI, M.C.. Sustainable use of plant bioregulators in pear production. **Acta Horticulturae**, v.909, p.353-367, 2011.

DUSSI, M.C., SOSA, D. e CALVO, G. Effects of Retain™ on fruit maturity and fruit set of pear cultivars Williams and Packham's Triumph. **Acta Horticulturae**, v. 596, p. 767-771, 2002.

DRAZETA, L., LANG, A., CAPPELLINI, C., HALL, A.J., VOLZ, R.K., JAMESON, P.; Vessel differentiation in the pedicel of apple and the effects of auxin transport inhibition. **Physiologia Plantarum** v.120, p.162-170, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**, 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006. 306p

ECCHER, G., BEGHELD, M., BOSCHETTI, A., RUPERTI, B., BOTTON, A.; Roles of ethylene production and ethylene receptor expression in regulating apple fruitlet abscission. **Plant Physiology**, v.169, p.125-137, 2015. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.15.00358>.

ESTORNELL, L.H., AGUSTÍ, J., MERELO, P., TALÓN, M., TADEO, F.R., Elucidating mechanisms underlying organ abscission. **Plant Science**, v.199-200, p48-60, 2013.

FIORAVANÇO, J. C.; GIRARDI, C. L.; CZERMAINSKI, A. B. C.; SILVA, G. A. da; NACHTIGALL, G. R.; OLIVEIRA, P. R. D. de. **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 60 p. (Documentos. Embrapa Uva e Vinho, 71)

FLECKINGER, J. Observations récents sur l'écologie du pommier à cidre. In: **CONGRÈS INTERNATIONAL DE BOTANIQUE ET D'AGRONOMIE**, 1953, Versailles. Communication 8. Versailles: INRA, Station d'Amélioration des Plantes, 1953. p. 14.

FRANCESCATTO, P. **Desenvolvimento das estruturas reprodutivas da macieira (*Malus domestica* Borkh.) sob diferentes condições climáticas – da formação das gemas à colheita dos frutos**. 239 p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, SC, 2014.

Greene, D. W. The effect of prohexadione-calcium on fruit set and chemical thinning of apple trees. **HortScience**, 42, 1361-1365, 2007.

HANSEN, P.; Studies on apple trees. VII. The early seasonal growth in leaves, flowers and shoots as dependent upon current photosynthates and existing reserves. **Physiologia Plantarum**. 469–473, 1971. doi: 10.1111/j.1399-3054.1971.tb01475.x

HARB, J., GAPPER, N.E., GIOVANNONI, J.J., WATKINS, C.B.; Molecular analysis of softening and ethylene synthesis and signaling pathways in a non-softening apple cultivar, 'Honeycrisp' and a rapidly softening cultivar, 'McIntosh'. **Postharvest Biology and Technology**, v.64, p.94-103, 2012

HARADA, T.; KURAHASHI, W.; YANAI, M.; WAKASA, Y.; SATOH, T.; Involvement of cell proliferation and cell enlargement in increasing the fruit size of *Malus* species. **Scientia Horticulturae** v.105, 447-456, 2005 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2005.02.006>

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. (Documentos, n.147).

HAWERROTH, F. J.; HERTER, F. G.; FACHINELLO, J. C.; PETRI, J. L.; PREZOTTO, M. E.; HAAS, L. B.; PRETTO, P. Aumento da produção de pereira asiática pelo uso de fitorreguladores. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.41, n.10, p.1750-1754, out, 2011.

HARRIS, S.A., ROBINSON, J. P. e JUNIPER, B. E.; Genetic clues to the origin of the apple. **Trends in Genetics**. v.18, p.426-430, 2002.

HIRST, P. **How Apple Fruit Size Is Determined and Affected**. 2013. Disponível em: <<http://articles.extension.org/pages/69069/how-apple-fruit-size-is-determined-and-affected>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

IUCHI, V. L. Botânica e fisiologia. In: **A cultura da macieira**. EMRPESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO (Org.) Florianópolis, p. 59-104, 2006.

JACKSON, J. E. Taxonomy p.22 In: **Biology of Apples and Pears**. Cambridge University press, 2003, 502 páginas. ISBN:9780521380188

JUNIPER, B. E.; MABBERLEY, D. J. In: **The Story of the Apple**. Timber Press, 2006, 240 páginas.

KLEE, H.J. Ethylene signal transduction. Moving beyond *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v.135, p. 660-667, 2004.

LAFER, G.; Effects of different bioregulator applications on *fruit set*, yield and fruit quality of „Williams“ pears. **Acta Horticulturae**, v. 800, p.183-188, 2008.

LAKSO, A.N.. Early fruit growth and drop - The role of carbon balance in the apple tree. **Acta Horticulturae**, v. 903, p.733-742, 2011.

LAKSO, A.N.; GRAPADELLI, L.C.; BERNARD, J.; GOFFINET, M.C. An expolinear model of the growth pattern of the apple fruit. **Journal of Horticultural Science**, Bangalore, v.70, n.4, p.389-394, 1995.
<http://www.hort.cornell.edu/lakso/fcp/PaperScans/1995scan92.PDF>

LAKSO, A.N; GOFFINET, M.C. Apple Fruit Growth. **New York fruit Quarterly**, v.21, n.1, p.11-14, 2013. Disponível em:
<http://www.hort.cornell.edu/expo/proceedings/2014/Tree%20Fruit/Apple%20Fruit%20Growth%20Lakso.pdf>

LEITE, G. B.; PETRI, J. L.; COUTO, M.; HAWERROTH, F. J. Increasing apple *fruit set* on “Condessa” using growth regulators. **Acta Horticulturae**, n. 884, p. 537-544, 2010.

LI, J. e YUAN, R; NAA and ethylene regulate expression of genes related to ethylene biosynthesis, perception and cell wall degradation during fruit abscission and ripening in ‘Delicious’ apples. **Journal of Plant Growth Regulation**. V. 27, p. 283–295, 2008.

LI, J.; YUAN, R.; ZHU, H.; Profiling the expression of genes related to ethylene biosynthesis, ethylene perception, and cell wall degradation during fruit abscission and fruit ripening in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.135, p.391–401, 2010.

LOMBARD, P.B.; RICHARDSON, D.G.; Increase *fruit set* and cropping of 'Comice' pear trees with an ethylene inhibitor, amino-ethoxyvinylglycine. **Acta Horticulturae**, v. 124, p. 165-170, 1982. DOI: 10.17660/ActaHortic.1982.124.21

MACEDO, W. R. e CASTRO, P. R. C. **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal**. Capítulo: Biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores na agricultura tropical. p. 506-530, 2015.

MALLADI, A.; HIRST, P. M. Increase in fruit size of a spontaneous mutant of 'Gala' apple (*Malusxdomestica* Borkh.) is facilitated by altered cell production and enhanced cell size. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 11, p.3003-3013, 2010. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erq134>

MAPA, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de Política Agrícola

Departamento de Comercialização e Abastecimento Agrícola e Pecuário. **Informativo Número 54, Maçã -Cenário da cadeia produtiva da maçã.** Ano 6, v. 54, março de 2013.

McARTNEY, S. Apple Growth and Crop-load Management. Mountain Horticultural Crops Research & Extension Center, North Carolina State University. Presented the 2011 Mid-Atlantic Fruit & Vegetable Convention, Hershey, PA

McARTNEY, S. J. Ethylene evolution from detached apple spurs in response to chemical thinners. **Horticultural Science**, v.37, p.662-665, 2002.

McCOWN, M., 1943. Anatomical and chemical aspects of abscission of fruits of the apple. **Botanical Gazette Journal**, v.105, p.212-220, 1943.

MONSELISE, S. P. Apple: Overview of fruit set and development. In: **Handbook of Fruit Set and Development**. 1st ed. 1986. <https://doi.org/10.1201/9781351073042>.

NAOR, A.; NASCHITZ S.; PERES M.; GAL Y. Responses of apple fruit size to tree water status and crop load. **Tree Physiology**, Victoria Canada, v. 28, p. 1255–1261, 2008.

OUKABLI, A.; BARTOLINI, S.; VITTI, R. Anatomical andmorphological study of apple (*Malus X domestica* Borkh.) flower budsgrowing under inadequate winter chilling. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 78, n. 4, p.580-585. 2003.

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

PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Biorreguladores de crescimento na produção de frutas de clima temperado. In: **II ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO**, 2, 1999, Fraiburgo. Anais... Fraiburgo, SC: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. – EPAGRI, p.123-130, 1999.

PETRI, J. L.; PASQUAL, M. Polinização da macieira no alto do Rio do Peixe, Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC. **Boletim Técnico n.1**, 40p., 1981.

PRIBERAM, Dicionário da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, <https://www.priberam.pt/dlpo/abcis%C3%A3o> [consultado em 20-01-2017].

RADEMACHER W., TEMPLE-SMITH K.E., GRIGGS D.L., HEDDEN P. The mode of action of acylcyclohexanediones — a new type of growth retardant. IN: KARSEN C.M., VAN LOON L.C., VREUGDENHIL D. (eds). **Progress in Plant Growth Regulation. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture**. Springer, Dordrecht. v. 13 ,1992. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2458-4_68

RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca – A new plant bioregulator for use in apple production. In: Encontro sobre Fruticultura de Clima Temperado, 11, 2009, Fraiburgo, SC, **Anais...** Caçador: Epagri, v.1 (Palestras), 2009, p. 1-10

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.

RIGAL, A.; MA, Q.; ROBERT, S. Unraveling plant hormone signaling through the use of small molecules. **Frontiers in Plant Science**. V.5, p.1-20, 2014. doi: 10.3389/fpls.2014.00373.

ROBERTS, J.A.; ELLIOTT, K.A.; GONZALEZ-CARRANZA Z.H.; Abscission, dehiscence, and other cell separation process. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, p.131-158, 2002.

ROBINSON, T.; HOYING, S.; IUNGERMAN, K.; KVIKLYS, D.; AVG combined with NAA control pre-harvest drop of 'McIntosh' apples better than either chemical alone. Proc. **XIth IS Plant Bioregulators Fruit Production, Acta Horticulturae**, v. 884, p.343-350, 2010. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.884.40>

ROLLAND, F., E. BAENA-GONZALEZ, AND J. SHEEN. Sugar sensing and signaling in plants: Conserved and novel mechanisms. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p.675-709, 2006

ROPER, T.R. Plant growth regulator use in apples. **University of Wisconsin-System Board of Regents and University of Wisconsin Extension, Cooperative extension**. Disponível em : <http://learningstore.uwex.edu/Assets/pdfs/A3524.pdf>, acessado em: 06 de Outubro de 2014

RUPERTI, B., BONGHI, C., TONUTTI, P., RAMINA, A. Ethylene biosynthesis in peach fruitlet abscission. **Plant, Cell and Environment**, v.21, p.731-737, 1998.

RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A.; BRIGHENTI, A.F.; MACHADO, B.D.; LUZ, A.R.; MARCON FILHO, J.L.; Plant growth regulators increase productivity of „Packham's Triumph“ pear in Southern Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 909, p. 429-434, 2011.

SALAYA, G. F. G. CRECIMIENTO DEL FRUTO. **Fruticultura: La Producción De Fruta: Frutas De Clima Templado y Subtropical**. Ediciones UC, Santiago, Chile, p.141-260 2012.

SALISBURY, F.B. AND ROSS, C.W. Hormones and Growth Regulators: Cytokinins, Ethylene, Abscisic Acid, and other compounds. p. 382-407. In: **Plant Physiology 4th ed.** Wadsworth, Inc., Belmont, California.1992.

SALOMÉ, J. A. Polinização dirigida em pomares de macieiras (*Malus domestica* borkh) com o uso de colmeias de *apis mellifera* . 137 p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, SC, 2014.

SANZOL, J.; HERRERO, M. The "effective pollination period" in fruit trees. **Scientia Horticulturae**, v. 90, n. 1-2, p. 1-17, 2001.

SCHECHTER, I.; PROCTOR, J. T. A.; ELFVING, D. C., Characterization of seasonal fruit growth of Idared apple. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.54 n.3, p. 203-210, 1993.

SCOTT, A. J. e M. KNOTT. "A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance." **Biometrics** p. 507-512, 1974.

Sedgley, M., Flowering of deciduous perennial fruit crops. **Horticulture Review**, v.12, p. 223–264, 1990.

SEZERINO, A. A. A polinização da pereira europeia (*Pyrus communis* L. cv. Rocha) no Sul do Brasil. 179 p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, SC, 2014.

SHAN, X.; YAN, J.; XIE, D., Comparison of phytohormone signaling mechanisms, **Current Opinion in Plant Biology**, v. 15, n. 1, p. 84-91, ISSN 1369-5266, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2011.09.006>.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande de Sul**. Porto Alegre: EMATER/UFRGS, 2002, 126p.

SUN, L., JOHN BUKOVAC, M., FORSLINE, P.L., NOCKER, S., 2009. Natural variation in fruit abscission-related traits in apple (*Malus*). **Euphytica** v.165, p.55-67, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-008-9754-x>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Capítulo Etileno. In: **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAVARES, J. C.; FACHINELLO, J. C.; DA SILVA, J. B.; HERTER, F.G.; Ftorreguladores no aumento da frutificação efetiva e partenocarpia em peras cv. Garber. **Revista Brasileira De Fruticultura**, -SP, v. 24, n. 3, p. 629-630, 2002.

TAYLOR, J.E., WHITELAW, C.A., Signals in abscission. **New Phytologist**. v. 151, p. 323-339, 2001.

THERON, K.I. Size matters: Factors influencing fruit size in pears. **ActaHorticulturae** v. 909 p. 545-555, 2011.

TRAVERS, I. Influence des conditions pédo climatiques du terroir sur le comportement du pommier et la composition des pommes à cidre dans le Pays d'Auge. 2004. 87 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias - Biotecnologia agrícola) - Université de Caen Normandie, Caen, 2004.

USDA, ANNUAL FRESH DECIDUOUS FRUIT REPORT, 2016,<http://usdabrazil.org.br/pt-br/reports/annual-fresh-deciduous-fruit-report.pdf>[consultado em 12-12-2018].

VERCAMPEN, J.; GOMAND, A.; DENRUYTER, L.; Improvement of the *Fruit* set of 'Jonagold'. **Acta Horticulturae**, v.884, p.357-362, 2010.

VILARDELL, P.; PAGES, J.M; ASIN, L.; Effect of bioregulator applications on *fruit* set in „Abate Fetel" pear trees. **Acta Horticulturae**, v. 800 p.169-174, 2008.

YANG, S.F. AND HOFFMAN, N.E.; Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.35, p.155-189, 1984.

YUAN, R.; GREENE, D. W. Benzyladenine as a chemical thinner for 'McIntosh' apples. I. Fruit thinning effects and associated relationships with photosynthesis, assimilate translocation, and nonstructural carbohydrates. **Journal of The American Society For Horticultural Science**, v.125, p.169-176, 2000.

YUAN, R.; CARBAUGH, D.H.; Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' apples. **Horticultural Science**, v. 43, p. 1454-1460, 2007.

XIA, G.; CHENG, L.; LAKSO, A.; GOFFINET,M. Effects of Nitrogen Supply on Source-sink Balance and Fruit Size of 'Gala' Apple Trees. **Journal of The American Society For Horticultural Science**, v. 134, n. 1, p.126-133, 2009. Disponível em: <<http://journal.ashpublications.org/content/134/1/126.full>>. Acesso em: 22 out. 2016.

ZHU, H.; BEERS, E. P.; YUAN, R.; Aminoethoxyvinylglycine Inhibits Fruit Abscission Induced by Naphthaleneacetic Acid and Associated Relationships with Expression of Genes for Ethylene Biosynthesis, Perception, and Cell Wall Degradation in 'Delicious' Apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.133 n.6, p. 727-734, 2008.

WEBSTER, A.D. Factors influencing the flowering, *fruit set* and fruit growth of European pears. **Acta Horticulturae**, v. 596, p. 699-709. 2002.

WEST, M. N. **Temperate-zone Pomology**. Timber Press - Fruit-culture - 428 páginas, 2009.

WILLIAMS, R. R.; The effective pollination period for some apple and pear varieties. **Acta Horticulturae**, v.161, p.136-138, 1984.

WILLIAMS, R. R. Pollination studies in fruit trees; III. The effective pollination period for some apple and pear varieties. **Report for Long Ashton Research Station for 1964**. p. 136-138, 1966.

YODER, K.; YUAN, R.; COMBS, L.; BYERS, R.; MCFERSON, J.; SCHMIDT, T. Effects of temperature and the combination of liquid lime sulfur and fish oil on pollen germination, pollen tube growth, and fruit set in apples. **HortScience**, v. 44, n. 5, p. 1277-1283, 2009.

YODER, K.; BYERS, R.; YUAN, R.; MCFERSON, J. Temperature effect on pollen germination and tube growth in apples. Winchester, VA. **Virginia Polytechnic Institute and State University and Washington Tree Fruit Research Commission**. 2008.