

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MASTERCITRUS - MESTRADO PROFISSIONAL EM
FITOSSANIDADE DOS CITROS**

DANILO RICARDO YAMANE

**Uso de caulim, ácido giberélico e anelamento para redução da
perda de produção e qualidade de frutos de laranjeira-doce por
estresse térmico pós-florescimento na região Norte do estado de
São Paulo**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da
Citricultura como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Fitossanidade dos Citros

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

Coorientador: Dr. Eduardo Augusto Girardi

**Araraquara
Março 2021**

DANILO RICARDO YAMANE

Uso de caulim, ácido giberélico e anelamento para redução da perda de produção e qualidade de frutos de laranjeira-doce por estresse térmico pós-florescimento na região Norte do estado de São Paulo

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade dos Citros

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

Coorientador: Dr. Eduardo Augusto Girardi

**Araraquara
Março 2021**

DANILO RICARDO YAMANE

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade dos Citros

Araraquara, 02 de março de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Renato Beozzo Bassanezi (Orientador)
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP.

Dr. Amílcar Duarte
Universidade do Algarve, Faro – Portugal.

Dr. José Antônio Alberto da Silva
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, Colina/SP.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
Ricardo Iudi Yamane e Sônia Regina Tomiosso Yamane,
à minha irmã,
Daniela Fernanda Yamane,
à minha noiva,
Karoline Pereira dos Reis,
e ao Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi e Prof. Dr. Renato Beozzo Bassanezi
pelo apoio, inspiração, e exemplo,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A **Deus e a Nossa Senhora Aparecida**, por todas as oportunidades proporcionadas, por ter colocado pessoas “fantásticas” no meu caminho, e por me conceder saúde, motivação e disposição para concluir meus objetivos com êxito durante o curso de Mestrado.

Ao meu coorientador **Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi**, por ter me concedido a oportunidade da realização do presente trabalho. Pelos ensinamentos, conselhos, dedicação e relação de amizade, contribuindo de forma valiosa para a minha formação pessoal e profissional. Muito obrigado por ser um exemplo de humildade, competência, e dedicação, sempre priorizando atender às demandas de informações dos produtores agrícolas, e o treinamento e formação de recursos humanos de alto nível para a sociedade.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Renato Bezzo Bassanezi**, pela atenção, confiança e importantes ensinamentos, viabilizando a conclusão dessa importante etapa em minha vida, que muito contribuiu para o meu aprimoramento pessoal e profissional.

Aos grandes **amigos e amigas do MasterCitrus** pelo companheirismo e parcerias. Obrigado por todo o aprendizado decorrente de nossas inúmeras discussões e troca de experiências. Com a presença e apoio de vocês durante o curso de Mestrado, a caminhada foi bem mais enriquecedora e gratificante.

Aos **estagiários da Fundação Credicitrus-Coopercitrus e funcionários do Fundecitrus** que me auxiliaram nas avaliações de campo. A ajuda de vocês foi imprescindível para o desenvolvimento e conclusão do presente trabalho.

Ao **Fundo de defesa da Citricultura (Fundecitrus)** pela excelente estrutura e corpo docente qualificado oferecido para a realização do curso de Mestrado.

Aos **docentes altamente qualificados do Fundecitrus**, que muito contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

Aos meus avós, **Takeshi Yamane** (*in memorian*) e **Maria Arikawa Yamane** (*in memorian*), que vieram do Japão para o Brasil na esperança de ter uma vida melhor, e neste país escreveram uma linda história de dedicação à agricultura, evidenciando que a persistência é o caminho para o êxito. Obrigado por todo o apoio e amor, vocês foram a minha principal inspiração em construir uma carreira ligada à agricultura. Gratidão eterna.

Ao meu **pai (Ricardo Iudi Yamane)**, que muito me auxiliou nas avaliações dos experimentos, à minha **mãe (Sônia Regina Tomiosso Yamane)** e minha **irmã (Daniela Fernanda Yamane)**, pelo carinho, amor e apoio durante o curso de Mestrado, viabilizando a

concretização desse sonho. Obrigado em especial aos meus pais, por sempre terem investido em minha Educação. As experiências mais enriquecedoras do ponto de vista social, cultural e científico em minha vida foram possíveis graças a Educação que me proporcionaram, abrindo portas para um mundo completamente novo e fascinante, que “colocou” pessoas incríveis ao longo da minha jornada.

À **Karoline Pereira dos Reis**, por estar ao meu lado em todos os momentos. Obrigado pela compreensão, apoio e paciência durante a minha caminhada. Obrigado ainda por me inspirar a alcançar meus objetivos e por compartilhar comigo sonhos e planos de um futuro de plena felicidade, paz e amor.

À **Dra. Camilla de Andrade Pacheco** e ao **Dr. Geraldo José Silva Junior** pelas valiosas sugestões e contribuições para melhoria do presente trabalho no exame de Qualificação.

Ao **Dr. Amílcar Duarte** e ao **Dr. José Antônio Alberto da Silva** pela participação na Defesa da dissertação, promovendo uma rica discussão na arguição, que muito contribuiu para a adequação e aprimoramento do presente trabalho.

Ao coordenador do curso de Mestrado em Fitossanidade dos Citros, **Prof. Dr. Franklin Behlau**, pela disponibilidade e auxílio nos momentos que precisei durante o curso.

A bibliotecária **Andrieli Cristina Botácio**, por toda a atenção e valioso auxílio durante todo o curso de Mestrado.

A todos os demais **amigos**, que de alguma forma contribuíram para a realização do presente trabalho.

Muito Obrigado!!

Uso de caulim, ácido giberélico e anelamento para redução da perda de produção e qualidade de frutos de laranjeira-doce por estresse térmico pós-florescimento na região Norte do estado de São Paulo

Autor: Danilo Ricardo Yamane

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

Coorientador: Dr. Eduardo Augusto Girardi

Resumo

O decréscimo da produção e qualidade dos frutos da laranjeira-doce, devido à ocorrência de estresse por altas temperaturas durante o florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos, tem sido apontado como um dos principais fatores de risco à sustentabilidade da citricultura no Norte do estado de São Paulo. Assim, no presente estudo objetivou-se avaliar a influência da aplicação foliar de caulim processado (durante o florescimento até a segunda queda fisiológica de frutos, nas concentrações de 2 e 3%), do ácido giberélico (25 mg/L na fase de queda de pétalas) e da prática do anelamento (na fase de queda de pétalas) sobre a produção e a qualidade de frutos de laranjeira-doce sob estresse térmico pós-florescimento. O experimento foi instalado em dois pomares comerciais de laranjeiras-doces ‘Valência Americana’ e ‘Natal’ localizados na região Norte do estado de São Paulo, durante a safra 2019/2020. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas, considerando o lado da planta em relação à orientação Leste-Oeste de exposição ao sol como a subdivisão. Avaliou-se a fixação de frutos por meio da contagem do número de frutos imaturos em um quadriculado após o período de queda fisiológica, bem como, a produção e a qualidade na plena maturação dos frutos. Nos dois experimentos, a pulverização foliar com caulim processado não afetou a fixação, a produção e a qualidade dos frutos. A aplicação de ácido giberélico e a prática do anelamento na fase de queda de pétalas promoveram aumento na fixação de frutos em condições de estresse térmico moderado, porém não influenciaram na produção final e qualidade dos frutos.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, estresse abiótico, filme de partículas protetivas, pegamento de frutos, reguladores vegetais.

Use of kaolin, gibberellic acid and girdling to reduce loss of production and quality of sweet orange fruits by post-flowering heat stress in the Northern region of the state of São Paulo

Author: Danilo Ricardo Yamane

Advisor: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

Co-Advisor: Dr. Eduardo Augusto Girardi

Abstract

The decrease in the fruit production and quality of sweet orange trees due to the occurrence of heat stress during flowering and initial fruit set has been considered as one of the main risk factors to the sustainability of citrus production in the north of the state of São Paulo. Therefore, the present study aimed to evaluate the influence of leaf application of processed kaolin (during flowering until December fruit drop at 2 and 3%) and gibberellic acid (25 mg/L at petal fall stage) and girdling (at petal fall stage) on the fruit production and quality of sweet orange trees under post-flowering heat stress. The experiment was installed in two commercial groves of 'Valência Americana' and 'Natal' sweet orange trees located in the north of the state of São Paulo during the 2019/2020 crop. The experimental design used was randomized blocks in subdivided plots with the side of the tree in relation to the East-West as the subplot. Fruit set was evaluated by counting the number of immature fruits within a frame after the December fruit drop, and the fruit production and quality were evaluated at full fruit ripeness. In both experiments, foliar spraying with processed kaolin did not affect fruit set, yield and quality. The application of gibberellic acid and girdling at petal fall increased overall fruit set, however did not increase the fruit yield and quality.

Keywords: *Citrus sinensis*, abiotic stress, fruit set, plant growth regulators, protective particle film.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Citricultura do Norte do estado de São Paulo e efeitos do estresse térmico pós-florescimento	1
1.2 Medidas para atenuação dos efeitos do estresse térmico pós-florescimento	3
1.2.1 Caulim	4
1.2.2 Anelamento	8
1.2.3 Ácido giberélico	9
1.3 Objetivos	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Local e material vegetal	11
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	12
2.3 Avaliações	16
2.4 Análise estatística	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 Condições meteorológicas no período de avaliação.....	18
3.2 Fixação e produção de frutos.....	22
3.3 Qualidade de frutos.....	34
4. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

1.1 Citricultura do Norte do Estado de São Paulo e efeitos do estresse térmico pós-florescimento

O Brasil é líder mundial na produção de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), com área total cultivada estimada em 626.611 ha (FNP Consultoria e Comércio, 2019), sendo o maior exportador de suco de laranja em âmbito global (Neves & Trombin, 2017). O estado de São Paulo é a principal região produtora e detém, aproximadamente, 64% da área nacional colhida (FNP Consultoria e Comércio, 2019). Destaque para a região Norte do estado de São Paulo, com aproximadamente 31,37 milhões de árvores plantadas, o que representa cerca de 16 % do total de árvores do cinturão citrícola do estado de São Paulo e Triângulo/Sudoeste mineiro (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020).

Dentre os principais desafios impostos à manutenção dessa posição de liderança da citricultura brasileira no cenário mundial, aqueles relacionados às mudanças climáticas têm demandado especial atenção. Pesquisas realizadas em diversas regiões ao redor do mundo e com diferentes culturas projetam impactos negativos das alterações climáticas sobre a atividade agrícola. O decréscimo da produção e qualidade de alimentos devido à ocorrência de estresse térmico por altas temperaturas, associado à deficiência hídrica, são apontados como os principais fatores de risco à sustentabilidade da agricultura (IPCC, 2015).

Na região Norte do estado de São Paulo, tem-se constatado incremento significativo nas temperaturas médias durante a primavera ao longo das últimas décadas, com aumento de até 2,3 °C (Fante & Neto, 2017). Na safra 2016/2017, registrou-se a menor produção brasileira de laranja em 25 anos, correspondente a 245,31 milhões de caixas. Essa quebra de safra foi atribuída principalmente às temperaturas elevadas nas fases de florescimento e frutificação inicial (Fundo de Defesa da Citricultura, 2016).

As laranjeiras apresentam alta sensibilidade às temperaturas elevadas e déficits hídricos pronunciados (Hall et al., 1975; Syvertsen & Salyani, 1991). Tal fato provavelmente está relacionado ao seu centro de origem, apontado como sendo a região central da China, a qual apresenta clima subtropical úmido, com temperaturas médias relativamente amenas e déficit hídrico moderado (Mattos Jr. et al., 2005).

Embora as plantas de citros geralmente floresçam em abundância, somente pequena proporção do total das flores (usualmente menos do que 1 %) fixa frutos a serem colhidos

(Goldschmidt & Monselise, 1977). A baixa fixação relativa ocorre devido principalmente à queda de flores e frutos imaturos (Sato, 2014), durante a primavera e início do verão (Reuther, 1973). Esse processo de abscisão de flores e frutos pode ser intensificado em função de fatores internos da planta (disponibilidade de carboidratos e nutrientes, equilíbrio hormonal) e fatores ambientais (luminosidade, disponibilidade hídrica, temperatura) (Iglesias et al., 2007; Sato, 2014).

Temperaturas altas na primavera, período em que ocorre o florescimento e frutificação inicial, acarretam no abortamento pronunciado de flores e queda prematura de frutos, reduzindo significativamente a produtividade das laranjeiras (Moss, 1973; Reuther, 1973; Brewer et al., 1977; Albrigo, 2004; Sato, 2014). Após essa fase, os frutos geralmente encontram-se fixados e apresentam baixa suscetibilidade à queda por estresse térmico até próximo à colheita (Erickson & Brannaman, 1960), sendo que a queda de frutos nessa fase final está mais relacionada aos problemas fitossanitários e estágio avançado de maturação dos frutos.

A elevada temperatura do ar contribui para o aumento do déficit de pressão de vapor, com conseqüente incremento da demanda evapotranspiratória, levando à redução da condutância estomática foliar e diminuição da assimilação de carbono pela laranjeira (Jifon & Syvertsen, 2003). A sensibilidade pronunciada da condutância estomática ao déficit de pressão de vapor é bem documentada em citros (Hall et al., 1975; Syvertsen & Salyani, 1991). Em adição a isso, o estresse térmico pode danificar as membranas fotossintéticas, desnaturar enzimas (Law & Craft-Brandner, 1999) e aumentar a taxa de respiração (Albrigo, 2004), reduzindo o suprimento de carboidratos ao estabelecimento e desenvolvimento inicial dos frutos (Goldschmidt, 1999; Iglesias et al., 2007).

Concomitantemente às alterações fisiológicas, ocorre também desbalanços hormonais sob estresse térmico, como o aumento das concentrações de ácido abscísico e etileno, e a redução dos teores de giberelinas, favorecendo o processo de abscisão de flores e frutos (Iglesias et al., 2007). As alterações nos processos fisiológicos das laranjeiras, associadas aos desbalanços metabólicos e hormonais decorrentes das elevadas temperaturas, acabam por afetar a distribuição de carboidratos na planta, influenciando os atributos qualitativos do fruto, como teor de sólidos solúveis, acidez, tamanho e volume de suco (Albrigo, 2004).

Temperaturas artificialmente mantidas na faixa de 30-34 °C em laranjeiras, por 12 horas e sucessivos dias, promovem a abscisão de frutos imaturos durante a fase 1 de seu desenvolvimento (Reuther, 1973), caracterizada pela ocorrência de divisão celular intensa. Produtividade abaixo da média na variedade de laranjeira 'Washington Navel', cultivada na Califórnia, foi constatada quando temperaturas acima de 40 °C ocorreram durante os meses de

desenvolvimento inicial dos frutos (Sato, 2014). Similarmente, a exposição de tangerineira ‘Satsuma’ à temperatura na faixa de 30-35 °C por 48 h, em ambiente controlado, também ocasionou redução da produtividade, devido ao incremento da queda prematura de frutos (Kumar et al., 2011).

1.2 Medidas para atenuação dos efeitos do estresse térmico pós-florescimento

Nesse contexto, o potencial de uso de variedades adaptadas aos efeitos adversos das altas temperaturas na produção é restrito, uma vez que todas as copas de citros são sensíveis ao calor, enquanto os porta-enxertos são utilizados principalmente para aumentar a tolerância ao estresse hídrico (Pompeu Junior, 2005). A prática da irrigação constitui em estratégia complementar, possibilitando o fornecimento de água em períodos críticos, ou mesmo viabilizando a antecipação da florada, o que pode reduzir o risco de ocorrência de altas temperaturas nas fases de desenvolvimento reprodutivo mais sensíveis ao calor.

Contudo, mesmo o fornecimento de água suplementar via irrigação durante o florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos pode apresentar ineficiência na redução da queda de frutos em decorrência de elevadas temperaturas (Reuther, 1973), uma vez que, sob essas condições, a evapotranspiração pode ser tão elevada, que não é possível atender à demanda hídrica da planta. Adicionalmente, a estratégia de antecipação da florada via irrigação nem sempre é possível devido a eventuais restrições climáticas na imposição de estresse hídrico ou térmico (período de repouso insuficiente durante o inverno) às plantas, que inviabilizam a indução floral de forma precoce. Deve-se considerar ainda, que apenas cerca de 38 % da área cultivada com laranja é irrigada na região Norte do estado de São Paulo (Fundo de Defesa da Citricultura, 2020), em função, principalmente, do alto custo de implantação e limitação de água disponível.

Diante do exposto, verifica-se a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de estratégias alternativas de manejo, objetivando mitigar as quedas precoces e perda de qualidade de frutos em laranjeira-doce, ocasionadas por estresse térmico por altas temperaturas no período de florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos, conferindo, assim, maior sustentabilidade à atividade.

1.2.1 Caulim

Pulverizações foliares com substâncias inertes refletivas, como o caulim, têm sido avaliadas para diferentes culturas em condições de ambiente protegido e campo com resultados potenciais positivos (Glenn et al., 1999; Jifon & Syvertsen, 2003; Lombardini et al., 2005; Rosati et al., 2006; Saavedra et al., 2006; Steiman et al., 2007; Cantore et al., 2009; Glenn, 2012; Boari et al., 2015; Dinis et al., 2018; Ramírez-Godoy et al., 2018).

O caulim caracteriza-se, basicamente, por ser constituído de alumino-silicatos minerais $[(Al_4Si_4O_{10}(OH)_8)]$, com partículas de tamanho pequeno e não abrasivas, de elevada solubilidade em água, que formam uma barreira mineral quando pulverizado sobre as plantas (Glenn & Puterka, 2005). Considerando-se as propriedades físicas do caulim, a sua aplicação faz com que aumente a reflexão do excesso de radiação ultravioleta e infravermelha (Glenn et al., 2002; Glenn & Puterka, 2005; Glenn, 2012), sem interferência sobre as trocas gasosas (Jifon & Syvertsen, 2003), incrementando a resistência da planta a estresses abióticos, como elevadas temperaturas (Glenn & Puterka, 2005; Jifon & Syvertsen, 2003; Sharma et al., 2015). Além disso, pode possibilitar redução de danos por insetos e doenças, em função da alteração da textura da superfície e de sua umidade.

As doses a serem aplicadas de caulim variam em função da cobertura desejada na cultura, sendo recomendado a utilização no intervalo de 2,5 a 5 kg/ha do produto comercial Surround WP (Glenn & Puterka, 2005). Os pesquisadores geralmente têm usado o caulim processado na faixa de concentração entre 5 e 6 % nos estudos (Jifon & Syvertsen, 2003; Steiman et al., 2007; Cantore et al., 2009; Dinis et al., 2018).

O volume de calda aplicado na pulverização deve ser adequado, propiciando bom molhamento, porém, sem escorrimentos (Glenn & Puterka, 2004, 2005). O caulim deve ser aplicado de forma preventiva, com antecedência ao período de elevadas temperaturas, sugerindo-se a reaplicação a cada duas semanas, ou sempre após chuvas intensas (Sharma et al., 2015), ou quando as plantas secas perdem o aspecto esbranquiçado.

Os resultados da aplicação do caulim geralmente evidenciam redução da temperatura foliar e/ou de frutos em diversas culturas (Glenn et al., 1999; Glenn et al., 2002; Jifon & Syvertsen, 2003; Lombardini et al., 2005; Rosati et al., 2006; Saavedra et al., 2006; Steiman et al., 2007; Glenn, 2009, 2012; Boari et al., 2015; Sharma et al., 2015; Dinis et al., 2018), embora, ocasionalmente, não se tenha constatado influência significativa sobre a temperatura (Russo & Días Perez, 2005; Cantore et al., 2009). Esse efeito é proporcional à quantidade de resíduo sobre a superfície da planta (Glenn et al., 2002) e está associado à redução da radiação incidente

(Glenn et al., 1999; Jifon & Syvertsen, 2003; Steiman et al., 2007). Durante a noite, contudo, não foi verificado efeito do caulim na temperatura foliar (Jifon & Syvertsen, 2003).

Em plantas sob manejo com caulim, constatou-se também aumento da condutância estomática e da assimilação do CO₂, decréscimo da fotoinibição, maior eficiência do uso de água pela planta (Jifon & Syvertsen, 2003; Glenn, 2012; Dinis et al., 2018) e redução na queimadura de frutos pela radiação solar (Cantore et al., 2009; Glenn, 2012). A baixa assimilação de CO₂ é um dos principais fatores que limita a produtividade dos citros (Bustan & Goldschmidt, 1998; Goldschmidt, 1999; Jifon & Syvertsen, 2003), sendo que a temperatura ótima para esse processo fisiológico varia na faixa entre 15 e 30 °C, dependendo da umidade (Kriedemann, 1968; Khairi & Hall, 1976).

Como a condutância estomática apresentou-se menos sensível às condições de estresse térmico por alta temperatura, em função da redução da temperatura foliar e do déficit de pressão de vapor proporcionada pelo caulim, a assimilação de carbono pode ser otimizada, o que, eventualmente, favoreceria o cultivo dos citros sob condições climáticas adversas (Jifon & Syvertsen, 2003). Assim, constata-se o potencial de uso do caulim para mitigar efeitos negativos decorrentes do estresse térmico sobre a fisiologia, produtividade e qualidade da produção das plantas cultivadas (Jifon & Syvertsen, 2003; Glenn & Puterka, 2005; Steiman et al., 2007; Cantore et al., 2009; Dinis et al., 2018).

No entanto, efeitos adversos decorrentes da aplicação de caulim sobre a atividade fisiológica das plantas também foram reportados, como a redução na assimilação de carbono (Glenn et al., 1999; LeGrange et al., 2004; Wunsche et al., 2004; Lombardini et al., 2005; Russo & Días Perez, 2005; Cantore et al., 2009), que pode ser atribuído à diminuição da condutância estomática (Steiman et al. 2007; Cantore et al., 2009) e redução da incidência de radiação fotossinteticamente ativa (Jifon & Syvertsen, 2003; Steiman et al. 2007). Decréscimo da eficiência do uso de água com a aplicação de caulim também foi constatado (Glenn et al., 2003, Glenn, 2010).

É importante destacar, porém, que as folhas tratadas com caulim, apesar da possível redução na assimilação de carbono e/ou eficiência do uso da água, podem possibilitar incremento da taxa fotossintética global da planta, devido ao aumento da distribuição de luz ao interior da copa, relacionada ao incremento da reflexão da radiação proporcionado pelo caulim (Wunche et al., 2004; Glenn & Puterka, 2007; Rosati et al., 2007; Steiman et al., 2007; Glenn, 2009). Esse efeito é potencialmente benéfico, especialmente, em plantas com copa mais densa, as quais apresentam mais áreas sobrepostas sombreadas.

A ocorrência de efeitos positivos, beneficiando a atividade fisiológica das plantas, tem sido observada principalmente com aplicação de caulim em doses elevadas (5-6 %) (Jifon & Syvertsen, 2003; Steiman et al., 2007; Dinis et al., 2018), sob condições adversas de alta incidência de radiação e temperatura ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Glenn et al., 2001, 2002, 2003; Jifon & Syvertsen, 2003; Rosati et al., 2007) e sob estresse hídrico (Glenn et al., 2001, 2002; Rosati et al., 2007). Em contrapartida, em doses baixas ($< 5\%$), e sob condições sem estresses climáticos, ou mesmo sob estresse térmico muito pronunciado, os benefícios da aplicação de caulim na atividade fisiológica das plantas geralmente são pouco destacados ou até mesmo nulos (Rosati et al., 2007).

Com base nas informações apresentadas anteriormente, as quais demonstram a variabilidade nos efeitos físicos e fisiológicos nas plantas decorrente da aplicação do caulim sob diferentes condições específicas, resultados esperados em relação à produtividade podem ser erráticos. De fato, respostas positivas e negativas, bem como ausência de resposta são reportadas na literatura (Jifon & Syvertsen, 2003; Rosati, 2007; Cantore et al., 2009; Dinis et al., 2018). Deve-se, portanto, considerar a espécie, arquitetura e estado fisiológico da planta, a forma e dose de aplicação do caulim, cobertura e os consequentes efeitos na transmissão de luz nas folhas, temperatura foliar e atividade fisiológica das plantas tratadas, bem como as condições climáticas, que, de forma conjunta, justificam os resultados divergentes relatados na literatura (Jifon & Syvertsen, 2003; Steiman et al., 2007; Cantore et al., 2009; Boari et al., 2015; Sharma et al., 2015; Dinis et al., 2018).

Além da produtividade, a aplicação de caulim pode afetar também a qualidade interna dos frutos e o processo de maturação (Sharma et al., 2015; Dinis et al., 2018). Lalancette et al. (2005) relataram atraso na maturação de frutos de pêsego e incremento de sólidos solúveis e tamanho do fruto. Resultados similares foram obtidos em macieiras, em que a aplicação de caulim resultou no aumento do peso e no conteúdo de sólidos solúveis e coloração mais avermelhada do fruto (Glenn & Puterka, 2005). Em mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), ao estudar os efeitos da aplicação de caulim nas concentrações de 3 a 4 %, repetidas três vezes nos meses de verão, Ennab et al. (2017) observaram incrementos na altura, diâmetro, massa, vitamina C e na concentração de sólidos solúveis e relação entre sólidos solúveis e acidez (*ratio*).

Em contrapartida, em outros estudos conduzidos com macieiras, os autores não constataram efeitos nas características relacionadas à qualidade interna e no processo de maturação dos frutos (Glenn et al., 2001; Shupp et al., 2002). Já na cultura do tomate, plantas tratadas com caulim apresentaram conteúdo de licopeno mais elevado, porém também não se

observou alteração na concentração de sólidos solúveis (Cantore et al., 2009). Tais resultados divergentes, da influência do caulim sobre a qualidade da produção, sugerem a necessidade de desenvolvimento de pesquisas em agroecossistemas específicos.

A par do potencial de utilização do caulim como mitigador de estresse térmico, estudos recentes evidenciaram também viabilidade do seu uso no manejo do huanglongbing dos citros (HLB), a principal doença da citricultura mundial, possibilitando redução da infecção primária (Miranda et al., 2018; Ramírez-Godoy et al., 2018). O efeito da aplicação do caulim é atribuído à sua influência sobre o comportamento do psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama, vetor das bactérias associadas ao HLB, ocasionando efeito de confundimento na identificação da planta hospedeira e de repelência ao inseto, devido à alteração de coloração e textura da superfície foliar tratada (Miranda et al., 2018; Ramirez-Godoy et al., 2018), além de as partículas poderem aderir ao corpo do inseto, limitando a sua movimentação e oviposição (Glenn & Puterka, 2005; Hall et al., 2007). Por consequência, reduções cumulativas de 78 % no número de adultos de psilídeo em folhas maduras, e de 60 % em brotações em árvores tratadas com caulim foram observadas, diminuindo os números de ovos e ninfas por broto em 85 e 78 %, respectivamente (Hall et al., 2007).

A determinação do momento e frequência adequada da implementação das medidas de controle é fundamental para otimizar a proteção das plantas de citros da infecção pelas bactérias *Candidatus Liberibacter* spp. e, assim, reduzir a disseminação do HLB nos pomares (Cifluentes-Arenas et al., 2018; Miranda et al., 2018). Os fluxos de brotação iniciais (estágios V1, V2 e V3) são mais favoráveis à reprodução e desenvolvimento do psilídeo (Cifluentes-Arenas et al., 2018; Miranda et al., 2018), resultando em picos populacionais do inseto principalmente durante a primavera (Yamamoto et al., 2001), devendo, portanto, ser esse período o foco principal na adoção de estratégias integradas de controle.

Como a época principal de controle do psilídeo (Yamamoto et al., 2001; Cifluentes-Arenas et al., 2018; Miranda et al., 2018) sobrepõe o período de florescimento e frutificação inicial das laranjeiras, considerado crítico para a fixação de frutos e definição da produção (Moss, 1973; Brewer et al., 1977; Sato, 2014), o uso do caulim no manejo do HLB poderia agregar também para a mitigação da queda de frutos por estresse térmico, condicionando, assim, a obtenção de níveis mais elevados de produtividade, bem como, a viabilidade econômica da utilização desse insumo.

1.2.2 Anelamento

O anelamento de ramos é outra técnica que tem sido apontada como potencial para o aumento da fixação dos frutos, e que poderia contribuir para a redução da abscisão devido ao estresse térmico (Goren & Monselise, 1971; Fayek et al., 2011; Khandaker et al., 2011; Garmendia et al., 2019). Essa prática cultural consiste na remoção ou corte de parte da casca do tronco, bloqueando a translocação descendente de fotoassimilados e metabólitos através do floema (Khandaker et al., 2011). O anelamento possibilita maior acúmulo de fotoassimilados, nutrientes, hormônios vegetais e carotenoides nas folhas na região acima da área anelada (Goren & Monselise, 1971; Fayek et al., 2011; Khandaker et al., 2011; Rivas et al., 2011; Garmendia et al., 2019), poucos dias após a sua realização (Rivas et al., 2006).

No início do florescimento, é quando ocorre a demanda mais elevada de carboidratos, para atender à formação de brotações vegetativas e floríferas, sendo que essa exigência tende a decrescer posteriormente (Guardiola et al., 1984). Em função principalmente do aumento na disponibilidade de carboidratos para o estabelecimento dos órgãos reprodutivos em desenvolvimento, o anelamento consiste em técnica eficiente para aumentar a fixação de frutos e a produtividade (Pereira et al., 2011; Garmendia et al., 2019).

O incremento dos frutos fixados decorrente do anelamento, porém, aumenta a competição por carboidratos, contribuindo para a redução da relação fonte/dreno, o que leva à redução do tamanho e peso dos frutos colhidos (Pereira et al., 2011). Adicionalmente, essa prática cultural pode possibilitar o aumento de sólidos solúveis nos frutos, em função da alteração na dinâmica de acúmulo de carboidratos nos órgãos reprodutivos (Khandaker et al., 2011).

Apesar de resultados positivos do anelamento sobre a fixação de frutos e produtividade, efeitos negativos posteriores podem ocorrer, como limitação ao crescimento de raízes, que induz ao excesso na diferenciação floral (Erner, 1988; McFadyen et al., 2013). Adicionalmente, cloroses e abscisão de folhas devido ao acúmulo de fotoassimilados (Cohen, 1977), ocasionando inibição da fotossíntese (Rivas et al., 2007) foram relatados. O anelamento leva ao aumento do ácido abscísico e carotenoides nas folhas, o que evidencia ser uma prática cultural indutora de estresse oxidativo à planta (Rivas et al., 2011).

1.2.3. Ácido giberélico

Por fim, o uso de reguladores de crescimento vegetal, principalmente as giberelinas e auxinas, também influencia a fixação (Monselise, 1977; Garcia-Martinez & Garcia-Papi, 1979; Talón et al., 1990a, 1990b, 1997; Zacarias et al., 1995; Spósito & Mourão Filho, 2003; Koller et al., 1999; Garmendia et al., 2019) e qualidade dos frutos cítricos (Talat et al., 2020), podendo contribuir para a mitigação de efeitos adversos decorrentes de estresses térmicos.

As giberelinas atuam na alongação dos órgãos vegetais (Sachs et al., 1959; Talón et al., 1990ab; Kende & Zeevaart, 1997), em função do seu efeito conjunto sobre o incremento da atividade de divisão celular e expansão do tamanho das células (Kende & Zeevaart, 1997). Isso promove maior intensidade na força de dreno dos frutos, o que resulta em maior mobilização de fotoassimilados das folhas para os ovários e frutos em desenvolvimento (Monselise 1977; Powell & Krezdorn, 1977; Mauk et al., 1986; Talón et al., 1997; Garmendia et al., 2019). Tal efeito favorece a retenção de frutos (Garmendia et al., 2019), bem como pode possibilitar maior acúmulo de sólidos solúveis (Talat et al., 2020). Além disso, o ácido giberélico inibe a concentração de ácido abscísico (ABA) no período pós-antese (Garmendia et al., 2019), o que reduz a produção de etileno e, por consequência, diminui a queda prematura de frutos (Zacarias et al., 1995).

A época mais adequada para o tratamento com giberelinas, objetivando aumento da fixação de frutos, é durante o florescimento pleno e queda de pétalas, quando os teores endógenos desse hormônio na planta estão relativamente baixos (Agustí & Almela, 1991; Talón et al., 1997; Garmendia et al., 2019). Já a utilização de ácido giberélico antes do florescimento ocasiona redução no número de flores, devido ao seu efeito antagônico à hormônios relacionados ao estresse, como o ácido abscísico, os quais são importantes para a indução floral (Sanches et al., 2001; Garmendia et al., 2019).

O ácido giberélico é utilizado pelos citricultores, sob condições de campo, com o objetivo de incrementar a produtividade. Entretanto, o fator que mais limita o uso desse fitohormônio é a variação e imprevisibilidade da sua performance (Monselise, 1979; Guardiola et al., 1988). Em ampla revisão de literatura conduzida por Garmendia et al. (2019), constatou-se que as pesquisas com uso de ácido giberélico, embora apontem para a convergência nos resultados obtidos em relação ao incremento da fixação de frutos, geralmente não implicam em aumento de produtividade.

O aumento da fixação dos frutos em função da aplicação de ácido giberélico pode ocasionar redução no seu tamanho (Talón et al., 1997) e aumento da queda posterior (Krezdorn

& Brown, 1970) devido à maior competição por fotoassimilados, mitigando os potenciais efeitos positivos sobre a produtividade final. De fato, quando ocorre aumento excessivo na retenção de frutos, advindo da aplicação de ácido giberélico, redução significativa no peso médio dos frutos foi constatada (Gravina et al., 2016; Pereira et al., 2011; García-Martínez & García-Papí, 1979). Os estudos conduzidos até o presente momento sugerem que o principal fator limitante à produtividade seria a disponibilidade de carboidratos, ao invés das concentrações de ácido giberélico, e que este fito-hormônio tem desempenho melhor em safras de baixa produtividade nos citros que apresentam alternância de produção (Garmendia et al., 2019).

Em relação às auxinas, o uso de 2,4-D em baixas concentrações possibilita aumento da taxa de crescimento inicial do fruto (Ortolá et al., 1998; Duarte et al., 1996), o que pode contribuir para a sua maior fixação (Zucconi et al., 1978). Entretanto, para as auxinas sintéticas, não se obtiveram resultados tão consistentes como aqueles observados com a aplicação de ácido giberélico (Garcia-Martinez & Garcia-Papi, 1979; Wilson, 1983; Guardiola, 1992), o que não justifica o seu estudo como estratégia potencial para a redução de efeitos adversos de estresses térmicos por altas temperaturas sobre a produção e qualidade de frutos.

1.3. Objetivos

Dentro do contexto apresentado, no presente estudo objetivou-se avaliar a influência da aplicação foliar de caulim, de ácido giberélico e da prática do anelamento sobre a produção e a qualidade de frutos de laranjeira sob estresse térmico pós-florescimento, em condições de campo, na região Norte do estado de São Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e material vegetal

O experimento foi instalado em outubro/2021 em duas áreas comerciais sem irrigação: i) Pomar de laranja-doce ‘Valência Americana’ (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) enxertada em citrumeleiro ‘Swingle’ (*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), com 10 anos de idade (33 m³ de volume de copa por planta no início do experimento), no espaçamento de 6,0 m x 2,5 m, localizado em Barretos-SP; ii) Pomar de laranja-doce ‘Natal’ enxertada em citrumeleiro ‘Swingle’, com 5 anos de idade (17 m³ de volume de copa por planta no início do experimento), no espaçamento de 6,0 m x 1,9 m, localizado em Taquaral-SP.

O solo da área experimental de Barretos é classificado como Latossolo, cujas características na camada de 0-20 cm de profundidade foram: matéria orgânica (M.O.) = 15 g dm⁻³; pH (CaCl₂) = 5,0; Ca = 28 mmol_c dm⁻³, Mg = 15 mmol_c dm⁻³, K = 1,5 mmol_c dm⁻³, CTC (T) = 69,1 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V) = 64%. O clima de Barretos é do tipo Aw pela classificação de Köppen, com verão quente e úmido e inverno mais acentuado com estação seca. Na área experimental de Taquaral, o solo é classificado como Argissolo, cujas características na camada de 0-20 cm de profundidade foram: M.O. = 13 g/dm³; pH (CaCl₂) = 4,7; Ca = 23 mmol_c/dm³, Mg = 9 mmol_c/dm³, K = 2,8 mmol_c/dm³, T = 62,8 mmol_c/dm³, V = 55%. O clima de Taquaral também é do tipo Aw.

Os dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar foram monitorados no período de 15/10/2019 a 31/12/2019 com equipamento data logger (marca: Instrutherm, modelo: HT-70), instalado a cerca de 100 m da área experimental em Barretos-SP. Para Taquaral, foram consideradas as mesmas variáveis obtidas da estação meteorológica mais próxima, da Fundação Coopercitrus Credicitrus em Bebedouro-SP. A precipitação pluviométrica foi monitorada em ambas as áreas experimentais por meio do uso de pluviômetros.

O manejo do pomar foi realizado de acordo com as especificações técnicas recomendadas para a cultura (Mattos Junior. et al., 2005). Na área experimental de Barretos, realizou-se poda mecanizada leve, com inclinação de 21°, eliminando-se ramos finos (diâmetro < 1 cm) em agosto de 2019, logo após a colheita, e anteriormente ao florescimento e instalação do presente experimento. O estado nutricional das laranjeiras foi avaliado para caracterização inicial das plantas, por meio da análise química para determinação dos teores totais de macro e micronutrientes (Bataglia et al., 1983). Coletou-se no talhão da área experimental, 4 folhas

recém-maduras totalmente expandidas e geradas no ciclo da primavera por planta, no total de 25 plantas amostradas, obtidas de ramos frutíferos com fruto terminal com 2 a 4 cm de diâmetro, conforme Quaggio et al. (2010). No pomar de Barretos, os resultados das análises foram, em g/kg, N = 29,47; P = 1,37; K = 13,43; Ca = 40,04, Mg = 4,11 e S = 1,16; e em mg/kg, Fe = 228; Mn = 34; Cu = 26; Zn = 41 e B = 105. No pomar de Taquaral, em g/kg, N = 27,5; P = 1,62; K = 17,9; Ca = 35,04; Mg = 3,2 e S = 3,33; e em mg/kg, Fe = 135; Mn = 64; Cu = 25; Zn = 59 e B = 85.

O tratamento fitossanitário para o controle de pragas e doenças foi conduzido conforme preconizado pelo Fundecitrus, incluindo: aplicações quinzenais de inseticidas para controle do psilídeo; pulverizações com cobre na época chuvosa até os frutos atingirem cerca de 5 cm de diâmetro, visando o manejo do cancro cítrico, e aplicação de estrobilurina e óleo mineral nos períodos mais chuvosos (novembro a fevereiro), visando o controle da pinta preta dos citros. Para o controle da podridão floral dos citros, efetuou-se a aplicação de triazol ou da mistura estrobilurina e triazol, sendo esta última reservada aos períodos mais críticos, sempre que houve ocorrência de chuvas com período de molhamento favorável ao desenvolvimento da doença, durante a fase de florescimento até o desenvolvimento inicial dos frutos (queda do pistilo).

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado em Barretos foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo a parcela principal o manejo da abscisão de frutos (n = 5) e a subparcela o lado da planta (n = 2), totalizando dez tratamentos com seis repetições. Em Taquaral, utilizou-se o mesmo delineamento, sendo a parcela principal o manejo da abscisão (n = 4) e a subparcela o lado da planta (n = 2), totalizando oito tratamentos com quatro repetições. Esse delineamento foi adotado após se perceber grande variação de frutificação em função do lado da planta exposto na orientação Leste-Oeste. As parcelas experimentais foram constituídas por 60 plantas, distribuídas em três linhas de 20 plantas dispostas em paralelo (sentido N-S), sendo as dez plantas centrais da linha do meio consideradas como parcela útil. Os lados da linha de plantio foram convencionados em função da face a que se expunham como: i) leste (exposto ao sol nascente) e ii) oeste (exposto ao sol poente). O experimento foi realizado na safra 2019/2020.

Os tratamentos consistiram de:

- i) Aplicação de caulim processado (Surround WP[®], 95% de caulim processado e 5% de materiais inertes) na concentração de 2 % em água durante o período crítico de controle do psilídeo. As plantas foram monitoradas frequentemente a fim de se iniciar a aplicação no início da brotação (Fase V2), conforme a Figura 1, em 14/10/2019, se estendendo até 31/12/2019, após o período de queda fisiológica dos frutos ou fase F4. As aplicações foram quinzenais. Esse tratamento não foi realizado em Taquaral, pois esse experimento foi decidido após as plantas já estarem em antese.
- ii) Aplicação de caulim processado na concentração de 3 % em água (Figura 3) durante o período crítico para o estresse por alta temperatura. O período de aplicação foi da fase de 50% de queda de pétalas (Fase R7), conforme a Figura 2, até após a queda fisiológica de frutos, compreendendo o período de 28/10/2019 até 31/12/2019. As aplicações foram quinzenais.
- iii) Aplicação de ácido giberélico (ProGibb[®], concentração de ácido giberélico de 400 g/kg), na dose de 6,25 g p.c./100 L, e espalhante adesivo não iônico (0,10 %), na fase de 50 % de queda de pétalas (Fase R7), conforme a Figura 2. Foi realizada uma aplicação em 28/10/2019 e outra 15 dias depois, em 11/11/2019.
- iv) Anelamento completo e único na fase de 50 % de queda de pétalas (Fase R7), conforme a Figura 2, em 29/10/2019. O anelamento foi realizado nos ramos das pernadas principais numa altura média de 1,0 m, sendo feito um único corte com tesouras de anelar (marca: Canet) na espessura da lâmina de 1,2 mm, suficiente para interromper apenas o floema sem afetar o xilema (Figura 4). Esse tratamento foi realizado apenas nas 10 plantas centrais da parcela útil.
- v) Testemunha sem nenhum tratamento.

Nos tratamentos com caulim e ácido giberélico, nas linhas de bordadura aplicou-se o produto apenas na face voltada à linha útil, correspondente a cada tratamento. Na aplicação dos tratamentos, utilizou-se pulverizador Jacto modelo Arbus 4000 (bicos de modelo Disc&Core AD4/AC25), acoplado em trator Massey Ferguson 283, com velocidade de operação de 5,25 km/h, e o volume de calda aplicado foi de 50 mL/m³ de copa.



Figura 1. Detalhe da fase vegetativa V2, correspondente a brotações em início de desenvolvimento, com alongamento das folhas, porém, sem expansão lateral (Fonte: Fundecitrus).



Figura 2. Detalhe da fase reprodutiva R7, correspondente a 50% de queda de pétalas (Fonte: Stoller).



Figura 3. Aspecto das laranjeiras tratadas com caulim (concentração de 3%), na área experimental localizada em Barretos-SP.



Figura 4. Anelamento completo de ramos das pernas principais a uma altura média de 1 m.

2.3 Avaliações

Avaliou-se a fixação de frutos por meio da contagem do número de frutos imaturos após o período da segunda queda fisiológica natural, quando apresentavam cerca de 3 a 4 cm de diâmetro (Fase F4) (Figura 5). A contagem foi realizada nas faces leste e oeste da copa das cinco plantas centrais na parcela útil, mediante a amostragem de área de 0,5 m² com a ajuda de um gabarito (0,707 m x 0,707 m), posicionado no terço médio superior da planta (Figura 6), a uma altura média de 1,5 m (Ribeiro et al., 2008).

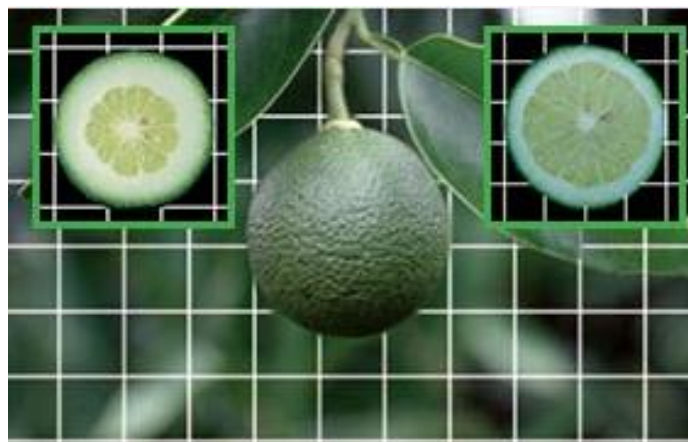


Figura 5. Detalhe da fase de frutificação F4, correspondente ao estágio em que os frutos apresentam cerca de 3 a 4 cm de diâmetro. Os quadrados têm 1 cm de lado (Fonte: Stoller).



Figura 6. Gabarito de 0,5 m² posicionado no terço médio superior da planta, a uma altura média de 1,5 m, para a contagem dos frutos imaturos fixados após a queda fisiológica (Fase F4).

A produção foi avaliada na plena maturação dos frutos, mediante a colheita manual das 10 plantas úteis das parcelas, pesando por meio de balança digital o total de frutos colhidos em cada subparcela (lado da planta) separadamente. Foi estimado também o número de frutos colhidos por planta, mediante a divisão da produção média por planta pela massa média do fruto amostrado em cada subparcela.

Durante a colheita, uma amostra de 10 frutos por subparcela foi obtida do montante colhido de todas as plantas úteis, e a qualidade foi avaliada por meio das seguintes análises: massa medida em balança digital, diâmetro e altura de fruto medidos com calha graduada; rendimento de suco (RS, em %), extraído em equipamento Otto 1800 (OIC, Limeira, SP, Brasil); concentração de sólidos solúveis totais (SST, em °Brix) determinada em refratômetro digital (Palette PR-101, ATAGO, Tóquio, Japão); acidez titulável total (ATT, em gramas de ácido cítrico por 100 mL de suco), determinada por titulometria com solução de hidróxido de sódio 0,3125 N até pH 8,1; índice de maturação ou *ratio*, obtido por SST/ATT; e índice tecnológico (IT, em kg SST.caixa⁻¹), calculado como $IT = (SST \times RS \times 40,8) \times 10000^{-1}$, onde 40,8 kg é o peso da caixa padrão de colheita de laranja. As análises foram realizadas no laboratório da Fundação Coopercitrus-Credicitrus em Bebedouro-SP.

Efetuuou-se análise simplificada do custo por hectare dos tratamentos avaliados, considerando-se apenas o custo dos produtos aplicados (caulim e ácido giberélico) com base na quantidade utilizada em função do volume de calda aplicado. No caso do anelamento, considerou-se o rendimento operacional e o custo da mão de obra para realizar a prática.

2.4 Análise estatística

Para cada experimento em separado, os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados de produção de frutos maduros foram correlacionados com os resultados de contagem de frutos imaturos fixados na área da copa delimitada pelo gabarito, mediante coeficientes de Pearson a 5% de probabilidade. Todas as análises foram feitas utilizando-se o software Agroestat.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições meteorológicas no período de avaliação

Por meio do acompanhamento dos dados de temperatura e umidade relativa do ar na área experimental localizada em Barretos-SP, observa-se que houve período com temperaturas críticas (63 dias com temperatura máxima $> 30^{\circ} \text{C}$) associadas a umidades relativas do ar baixas (21 dias com umidade relativa mínima $< 35\%$), além de reduzida precipitação e irregularidade na distribuição de chuvas durante o período de florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos (22/10/19 a 31/12/2019), caracterizando condições extremas de estresse por alta temperatura e baixa umidade relativa do ar (Figura 7).

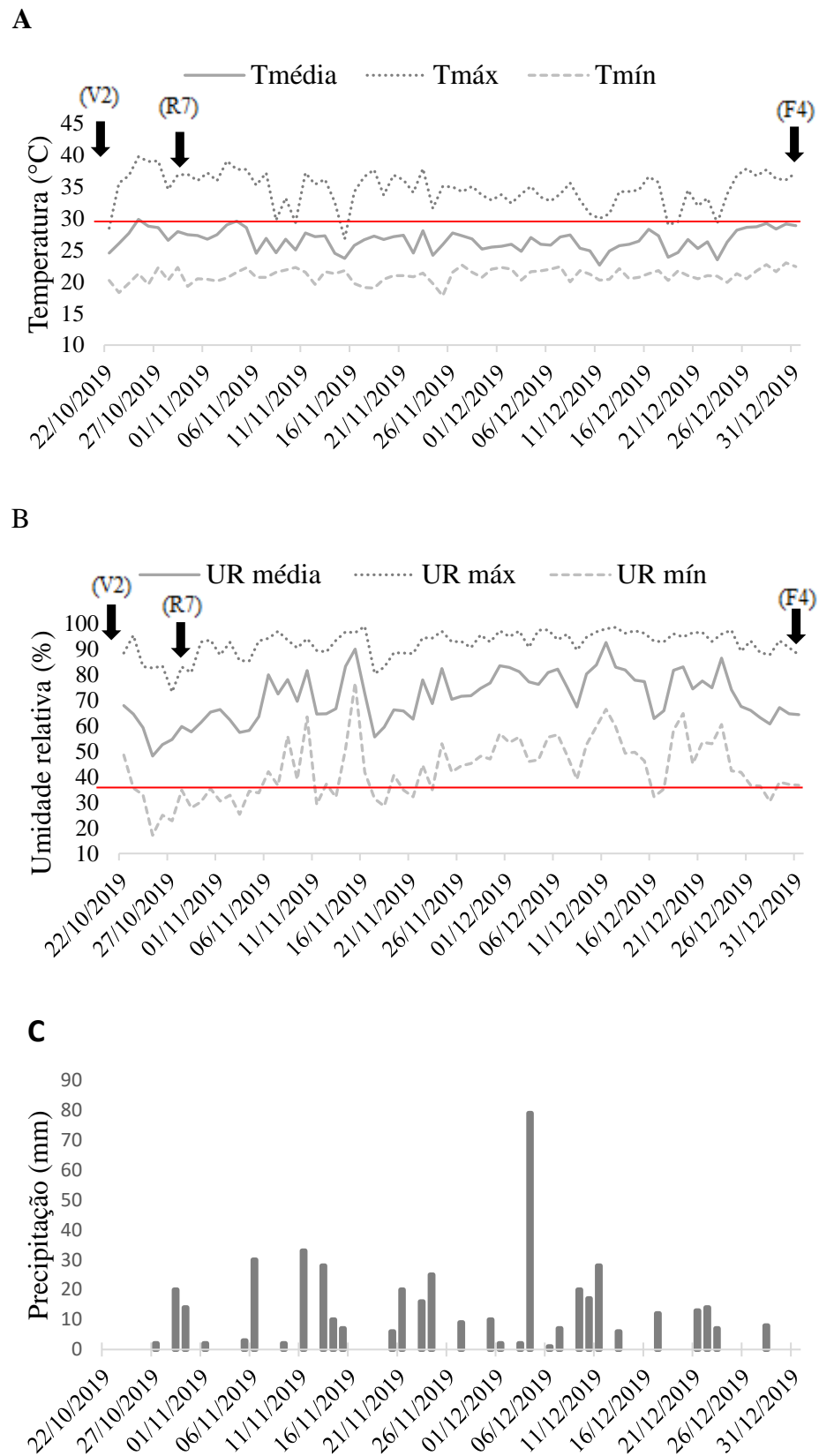


Figura 7. Dados diários máximos, médios e mínimos de temperatura (A) e umidade relativa do ar (B); e da precipitação diária (C) da área experimental localizada em Barretos-SP, durante período crítico de fixação dos frutos (Outubro a Dezembro de 2019).

Em Taquaral-SP, apesar de as condições de estresse térmico por alta temperatura e baixa umidade relativa do ar também terem ocorrido na fase crítica de desenvolvimento inicial e fixação dos frutos (Figura 8), verifica-se que essas foram menos intensas em comparação às observadas na área experimental de Barretos (51 dias, em que se registrou temperatura máxima $> 30^{\circ} \text{C}$; e 20 dias em que se registrou umidade relativa mínima $< 35\%$), caracterizando condições mais moderadas de estresse por alta temperatura e baixa umidade relativa do ar (Figura 8).

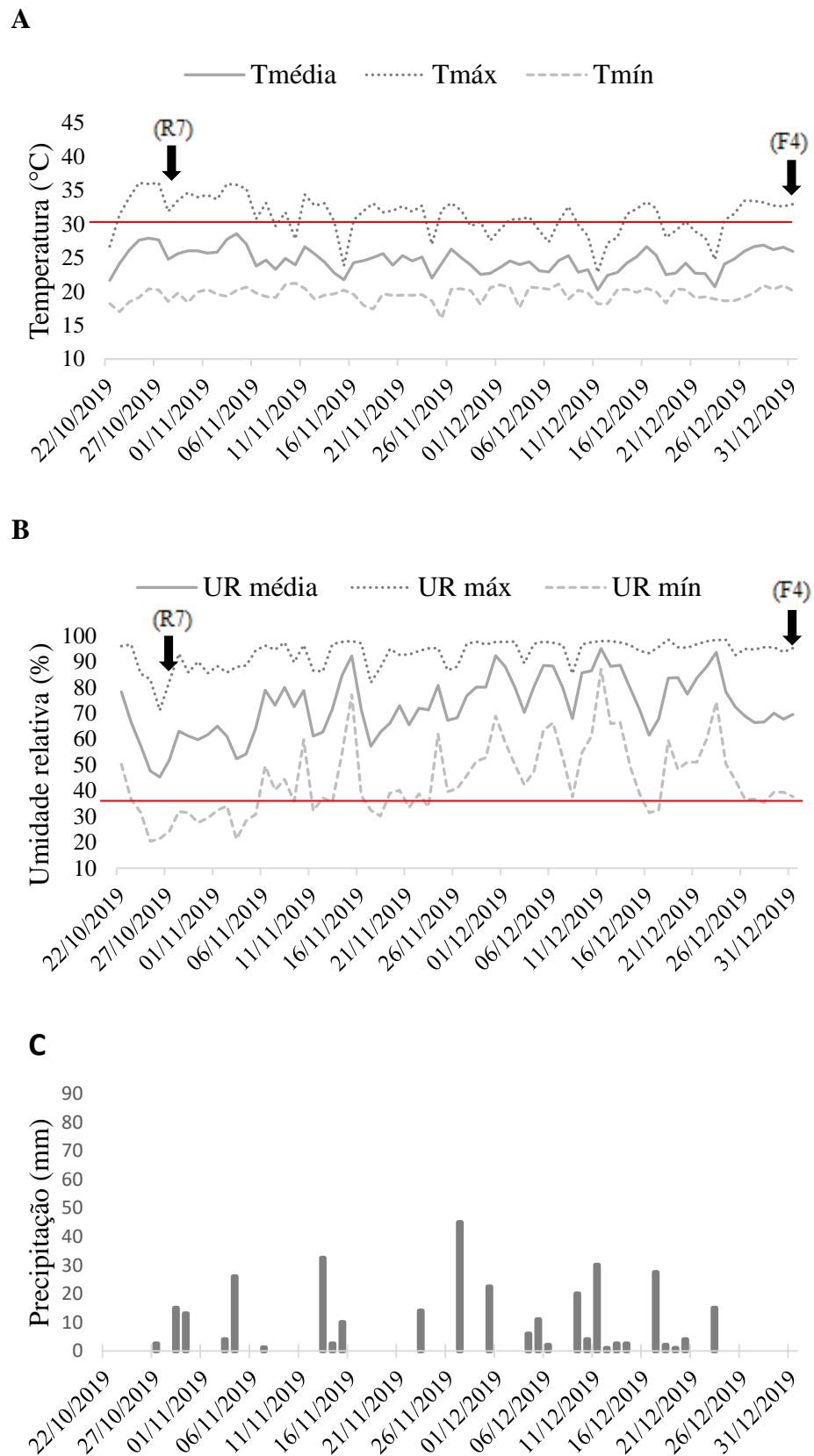


Figura 8. Dados diários máximos, médios e mínimos de temperatura (A) e umidade relativa do ar (B); e da precipitação diária (C) da área experimental localizada em Taquaral-SP, durante período crítico de fixação dos frutos (Outubro a Dezembro de 2019).

3.2 Fixação e produção de frutos

Os manejos adotados na área experimental de Barretos, objetivando a mitigação dos efeitos adversos decorrentes do estresse térmico nas laranjeiras, não influenciaram a quantidade de frutos imaturos contados por superfície de copa nem a produção e número de frutos colhidos por planta (Tabela 1). No entanto, o lado da planta afetou a produção das laranjeiras, sendo que a face exposta ao sol nascente (Leste) apresentou maior quantidade de frutos imaturos fixados e maior produção em comparação à face exposta ao sol poente (Oeste). Não se observou efeito de interação entre os tratamentos avaliados e o lado da planta, indicando que os tratamentos tiveram efeitos similares em ambas as faces. Os resultados do desdobramento estão apresentados para realçar a inexistência de efeito dos tratamentos avaliados no lado Oeste da planta, em que o efeito de queda de frutos foi maior (Tabela 2).

Tabela 1. Contagem de frutos imaturos em gabarito quadriculado após período de queda fisiológica, e produção e número de frutos colhidos por planta de laranjeira ‘Valência Americana’ submetida a diferentes manejos para redução dos efeitos do estresse térmico por alta temperatura em Barretos-SP, safra 2019/2020.

Tratamentos	Contagem de frutos imaturos (Frutos m ⁻²)	Produção (kg planta ⁻¹)	Número de frutos (Frutos planta ⁻¹)
Caulim (2%)	23 ± 5 a	70 ± 7,3 a	469 ± 57 a
Caulim (3%)	26 ± 5 a	77 ± 6,6 a	496 ± 48 a
Ácido Giberélico	30 ± 5 a	78 ± 6,6 a	537 ± 46 a
Anelamento	32 ± 4 a	79 ± 6,4 a	558 ± 56 a
Testemunha	24 ± 5 a	76 ± 6,7 a	504 ± 54 a
F (Trat.)	1,50 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,37 ^{ns}
Valor de p	0,3817	0,4814	0,3202
CV (%)	24,46	8,88	11,04
Lado da Planta			
Oeste	16 ± 2 b	56 ± 1,7 b	364 ± 15 b
Leste	39 ± 3 a	96 ± 2,1 a	662 ± 19 a
F (Lado)	246,19 ^{**}	755,27 ^{**}	366,48 ^{**}
F (Trat. x Lado)	1,32 ^{ns}	1,41 ^{ns}	2,12 ^{ns}
CV (%)	11,34	3,80	6,07

^{ns} = não significativo; *, ** significativos (p<0,05) e (p<0,01), respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, p<0,05). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

Tabela 2. Desdobramento da contagem de frutos imaturos em gabarito quadriculado após período de queda fisiológica, e produção e número de frutos colhidos em cada lado da laranjeira ‘Valência Americana’ submetida a diferentes manejos para redução dos efeitos do estresse térmico em Barretos-SP, safra 2019/2020.

Tratamentos	Contagem de frutos imaturos (Frutos m ⁻²)		Produção (kg planta ⁻¹)		Número de frutos (Frutos planta ⁻¹)	
	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste
Caulim (2%)	11 ± 3 a	35 ± 4 a	48 ± 4 a	92 ± 5 a	295 ± 27 a	644 ± 27 a
Caulim (3%)	13 ± 2 a	39 ± 6 a	56 ± 2 a	98 ± 4 a	359 ± 16 a	634 ± 40 a
Ácido Giberélico	19 ± 3a	41 ± 5 a	58 ± 3 a	99 ± 5 a	404 ± 19 a	671 ± 49 a
Anelamento	20 ± 1 a	44 ± 1 a	59 ± 4 a	99 ± 3 a	385 ± 36 a	732 ± 28 a
Testemunha	15 ± 3 a	33 ± 6 a	59 ± 3 a	94 ± 5 a	378 ± 34 a	631 ± 45 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, p<0,05). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

Na área experimental de Taquaral, diferentemente ao verificado em Barretos, a aplicação de ácido giberélico e a prática do anelamento possibilitaram incremento do número de frutos retidos após o período de queda fisiológica (Tabela 3). O número de frutos fixados contados no quadriculado sobre a copa foi cerca de 80% e 56% maior nos tratamentos com ácido giberélico e anelamento, respectivamente, em comparação à testemunha, que por sua vez não diferiu da aplicação com caulim processado a 3%. Contudo, esses dois tratamentos não diferiram da testemunha na avaliação de produção final e número de frutos colhidos por planta. O anelamento aumentou significativamente cerca de 52 % a produção de frutos na laranjeira ‘Natal’ somente em relação ao tratamento com a aplicação de caulim processado a 3%. De forma análoga ao observado em Barretos, o lado da planta influenciou a produção das laranjeiras. A face exposta ao sol nascente (Leste) apresentou maior quantidade de frutos fixados e maior produção em comparação a face exposta ao sol poente (Oeste). Adicionalmente, também não se verificou efeito de interação entre os tratamentos avaliados e o lado da planta (Tabela 3), uma vez que os tratamentos tiveram efeitos similares em ambas as faces (Tabela 4).

Tabela 3. Contagem de frutos imaturos em gabarito quadriculado e fixação de frutos após período de queda fisiológica, produção e número de frutos por planta de laranjeira ‘Natal’ submetida a diferentes manejos para redução dos efeitos do estresse térmico em Taquaral-SP, 2019/2020.

Tratamentos	Contagem de frutos imaturos (Frutos m ⁻²)	Produção (kg planta ⁻¹)	Número de frutos (Frutos planta ⁻¹)
Caulim (3%)	28 ± 5 b	25 ± 4 b	181 ± 27 a
Ácido Giberélico	45 ± 7 a	33 ± 5 ab	235 ± 34 a
Anelamento	39 ± 5 a	38 ± 5 a	263 ± 39 a
Testemunha	25 ± 5 b	27 ± 5 ab	187 ± 37 a
F (trat)	16,96**	3,74*	2,58 ^{ns}
Valor de P	0,0005	0,0439	0,1186
CV (%)	18,88	26,86	32,15
Lado da Planta			
Oeste	21 ± 3 b	20 ± 2 b	137 ± 12 b
Leste	47 ± 3 a	42 ± 2 a	295 ± 17 a
F (Lado)	103,93**	132,59**	166,71**
F (Trat x Lado)	0,37 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,37 ^{ns}
CV (%)	21,55	17,42	15,98

^{ns} = não significativo; *, ** significativos (p<0,05) e (p<0,01), respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, p<0,05). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

Tabela 4. Desdobramento da contagem de frutos imaturos em gabarito quadriculado após período de queda fisiológica, e produção e número de frutos colhidos em cada lado da laranjeira ‘Natal’ submetida a diferentes manejos para redução dos efeitos do estresse térmico em Taquaral-SP, safra 2019/2020.

Tratamentos	Contagem de frutos imaturos (Frutos m ⁻²)		Produção (kg planta ⁻¹)		Número de frutos (Frutos planta ⁻¹)	
	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste
Caulim (3%)	15 ± 2 b	41 ± 2 bc	17 ± 2 a	34 ± 2 b	113 ± 12 a	249 ± 15 a
Ácido Giberélico	30 ± 7 a	61 ± 4 a	22 ± 2 a	45 ± 1 ab	152 ± 12 a	317 ± 18 a
Anelamento	26 ± 4 ab	51 ± 0 ab	26 ± 5 a	50 ± 4 a	179 ± 35 a	348 ± 33 a
Testemunha	13 ± 1 b	37 ± 2 c	16 ± 1 a	39 ± 6 ab	106 ± 8 a	268 ± 41 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, p<0,05). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

O uso de reguladores de crescimento vegetal, principalmente as giberelinas, tem sido apontado como estratégia potencial para o aumento da fixação dos frutos (Monselise, 1977; Garcia-Martinez & Garcia-Papi, 1979; Talón et al., 1990a, 1990b, 1997; Zacarias et al., 1995; Spósito & Mourão Filho, 2003; Koller et al., 1999; Garmendia et al., 2019), quando aplicadas na fase de florescimento pleno ou queda de pétalas (Agustí & Almela, 1991; Talón et al., 1997; Garmendia et al., 2019), conforme observado no presente estudo, em Taquaral (Tabela 3).

Durante as fases de florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos, os teores endógenos desse fito-hormônio geralmente são relativamente mais baixos (Agustí & Almela, 1991; Talón et al., 1997; Garmendia et al., 2019). As giberelinas induzem a expansão dos órgãos vegetais (Sachs et al., 1959; Talón et al., 1990a, 1990b; Kende & Zeevaart, 1997), devido ao seu efeito associado sobre o aumento da divisão celular e do tamanho das células (Kende & Zeevaart, 1997). Tal fato resulta em maior translocação de fotoassimilados das folhas para os ovários e frutos em desenvolvimento (Monselise 1977; Powell & Krezdorn, 1977; Mauk et al., 1986; Talón et al., 1997; Garmendia et al., 2019), os quais apresentam maior força de dreno. Adicionalmente, há que se considerar que ácido giberélico pode inibir a concentração de ácido abscísico (ABA) no período após a abertura das flores (Garmendia et al., 2019), o que reduz a produção de etileno (Zacarias et al., 1995). Esses efeitos associados, decorrentes do uso de ácido giberélico, podem ter contribuído para o aumento da fixação de frutos observado na área experimental localizada em Taquaral (Tabela 3), caracterizada por condições de estresse térmico mais moderado em comparação às observadas em Barretos (Figuras 7 e 8).

Resultados semelhantes foram obtidos por Spósito & Mourão Filho (2003), que ao avaliarem o efeito de diversas concentrações de ácido giberélico (10; 25; 50 e 100 mg/L) aplicadas durante florescimento extemporâneo em lima ácida ‘Tahiti’, constataram que a concentração mínima correspondente a 10 mg/L foi eficaz em promover o incremento na fixação dos frutos, sendo este cerca de 25 vezes maior em comparação ao controle. Aumento de 28% na fixação de frutos de laranjeira em decorrência da aplicação de ácido giberélico na concentração de 30 mg/L, no estágio de florescimento, também foi reportado por Ullah et al. (2014).

Em contrapartida, a ausência da influência da aplicação de ácido giberélico sobre a fixação dos frutos em Barretos (Tabela 1), provavelmente deve-se ao estresse térmico mais acentuado em comparação ao verificado em Taquaral (Figuras 7 e 8). O estresse térmico pronunciado pode danificar as membranas fotossintéticas, desnaturar enzimas (Law & Craft-Brandner, 1999), e aumentar a taxa de respiração (Albrigo, 2004). Além disso, as condições de temperaturas mais elevadas, associadas a baixas umidades relativas do ar em Barretos (Figura 7), ocasionaram maior incremento do déficit de pressão de vapor. Como os citros apresentam sensibilidade pronunciada da condutância estomática ao déficit de pressão de vapor (Hall et al., 1975; Syvertsen & Salyani, 1991), essa condição leva ao aumento da resistência estomática e diminuição da assimilação de carbono pela laranjeira (Jifon & Syvertsen, 2003). Esses efeitos, em conjunto, reduzem o suprimento de carboidratos para o estabelecimento e desenvolvimento inicial dos frutos (Goldschmidt, 1999; Iglesias et al., 2007), fase essa, em que ocorre a demanda

mais elevada desses compostos (Guardiola et al., 1984). Os estudos conduzidos até o presente momento, sugerem que o principal fator limitante à fixação dos frutos seria justamente a disponibilidade de carboidratos, ao invés das concentrações de ácido giberélico (Garmendia et al., 2019).

Complementarmente, o excesso de radiação, que geralmente ocorre associado a eventos de estresse térmico por alta temperatura, pode ter ocasionado foto-inibição (Steiman et al., 2007; Taiz & Zeiger, 2013) maior em Barretos, uma vez que as folhas de citros se saturam em níveis de radiação relativamente baixos ($700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Jifon & Syvertsen, 2003; Medina et al., 2005). Tal fato pode ter limitado ainda mais a síntese de fotoassimilados nas plantas em Barretos, contribuindo para a ausência de efeito da aplicação de ácido giberélico sobre a fixação de frutos (Tabela 1).

Com a redução do fluxo de água via xilema, devido à diminuição da condutância estomática, há que se considerar também a diminuição da absorção de nutrientes, os quais desempenham importantes funções estruturais e energéticas, e, que, potencialmente, beneficiariam a fixação e desenvolvimento inicial dos frutos, como, por exemplo, cálcio, nitrogênio, fósforo e boro (Mattos Junior et al., 2005; Taiz & Zeiger, 2013). Adicionalmente, em função de a planta estar sob níveis mais elevados de estresse em Barretos (Figura 7), desbalanços hormonais mais intensos tendem a ocorrer, como o incremento da produção de ácido abscísico e etileno, e de substâncias reativas de oxigênio, em detrimento dos teores de giberelina, o que intensifica o processo de abscisão de frutos (Iglesias et al., 2007; Kumar et al., 2011), minimizando o potencial de resposta das plantas à aplicação exógena de ácido giberélico (Tabela 1).

Em relação ao efeito do ácido giberélico sobre a produtividade, a ausência de resposta em Barretos era esperada, uma vez que, como reportado anteriormente, não foi observado incremento no número de frutos fixados com a aplicação do ácido giberélico (Tabela 1). Já em Taquaral, a resposta nula na produtividade, mesmo com o aumento dos frutos fixados (Fase F4) em decorrência do uso de ácido giberélico (Tabela 3, Figura 6), pode estar associada à redução no tamanho dos frutos (Talón et al., 1997), e aumento de quedas posteriores em fases mais avançadas da maturação (Krezdorn & Brown, 1970) devido à maior competição por fotoassimilados (maior quantidade de drenos), anulando os potenciais efeitos positivos sobre a produtividade final (Garmendia et al., 2019). De fato, quando ocorre aumento excessivo na retenção de frutos, advindo da aplicação de ácido giberélico, redução significativa no peso médio dos frutos foi constatada por Gravina et al., (2016); Pereira et al., (2011) e García-Martínez & García-Papí (1979). Além disso, salienta-se que os coeficientes de variação

(CV %) da variável produção foram elevados, o que indica maior variabilidade dos dados, dificultando a detecção de diferenças significativas.

As pesquisas com uso de ácido giberélico, embora apontem para a convergência nos resultados obtidos em relação ao incremento na fixação de frutos, geralmente não resultam em aumento de produtividade (Garmendia et al., 2019). Resultados similares foram obtidos por Pereira et al. (2011), que ao aplicarem quatro concentrações de ácido giberélico (0; 7; 14 e 21 mg/L) na fase de queda de pétalas em lima ácida Tahiti, não observaram efeitos sobre a produtividade. Koller et al. (1999) também não relataram incremento da produtividade em laranja 'Monte Parnaso', com a aplicação das doses de 10, 20 e 30 mg/L de ácido giberélico em plena floração. O fator que mais tem limitado o uso desse fito-hormônio em condições de campo é a variabilidade e imprevisibilidade da sua performance (Monselise, 1979; Guardiola et al., 1988; Garmendia et al., 2019), que pode depender de diversos fatores, como dose e época de aplicação, reserva de carboidratos e minerais, e equilíbrio hormonal na planta, e condições climáticas (Garmendia et al., 2019).

No que se refere ao anelamento, essa prática possibilita o bloqueio da translocação descendente de fotoassimilados, hormônios vegetais, nutrientes e carotenoides através do floema (Khandaker et al., 2011), acarretando, conseqüentemente, em incremento no acúmulo na região acima da seção anelada (Goren & Monselise, 1971; Fayek et al., 2011; Khandaker et al., 2011; Rivas et al., 2011; Garmendia et al., 2019). Tais efeitos integrados, em especial o aumento na disponibilidade de carboidratos para o estabelecimento dos órgãos reprodutivos em desenvolvimento (Pereira et al., 2011; Garmendia et al., 2019), provavelmente, contribuíram para os incrementos na fixação dos frutos, bem como para o aumento relativo da produção observada nas plantas aneladas em Taquaral (Tabela 3). Em adição a isso, pode ter ocorrido também alteração no balanço hormonal das plantas sob anelamento, reduzindo a translocação de ácido indolilacético (IAA) das folhas para as raízes, mitigando a abscisão de frutos (Sanyal & Bangerth, 1998).

Os efeitos significativos positivos e mais destacados do anelamento sobre a produtividade, em comparação ao tratamento com o uso de ácido giberélico, em Taquaral (Tabela 3), provavelmente deve-se ao maior incremento de carboidratos nas folhas, os quais ficam disponíveis durante a fixação e posterior desenvolvimento dos frutos (Pereira et al., 2011). Esse maior efeito residual na disponibilidade de fotoassimilados nas plantas aneladas, pode mitigar a competição entre os drenos, reduzindo efeitos negativos sobre o tamanho e peso dos frutos, bem como eventuais quedas posteriores, em relação ao tratamento com ácido

giberélico. O anelamento consiste na técnica mais eficiente para aumentar a fixação de frutos e a produtividade (Pereira et al., 2011; Garmendia et al., 2019).

Contudo, como o incremento dos frutos fixados decorrente do anelamento foi bastante elevado (Tabela 3), provavelmente contribuiu para a redução da relação fonte/dreno, o que leva à diminuição do tamanho e peso dos frutos colhidos (Pereira et al., 2011), justificando a ausência de diferença significativa da produtividade das laranjeiras aneladas em comparação a testemunha (Tabela 3). A ausência do efeito do anelamento sobre a fixação de frutos e produção em Barretos (Tabela 1) está provavelmente relacionada ao nível de estresse térmico por alta temperatura mais acentuado em comparação a Taquaral (Figuras 7 e 8), o que provavelmente afetou negativamente o metabolismo e a fisiologia da planta, conforme discutido previamente.

Ao avaliarem o efeito do anelamento em ramos de lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka) no início do florescimento e um mês após, Pereira et al. (2011) observaram aumento da produção de frutos, que foi 153,9 e 165,2% superior ao controle, respectivamente. Esse efeito foi associado ao incremento no teor de carboidratos (amido e açúcares solúveis totais) e alteração no balanço hormonal das plantas na zona acima da região anelada, possibilitando maior fixação dos frutos. Koller et al. (1999) também verificaram aumento do número de frutos em aproximadamente 25% em laranjeira de umbigo ‘Monte Parnaso’, aneladas logo após o final da floração, devido à maior retenção de metabólitos na copa durante a fase crítica de fixação dos frutos, reduzindo, assim, a abscisão. Contudo, os autores relataram redução do peso médio dos frutos.

É importante, no entanto, atentar-se ao momento adequado para a realização do anelamento para se atingir os resultados reportados anteriormente. Quando efetuado antes do florescimento, pode propiciar número elevado de flores, e, conseqüente, exaurimento de parte dos fotoassimilados, reduzindo a posterior fixação e produção de frutos (Pereira et al., 2011). Adicionalmente, apesar de potenciais resultados positivos do anelamento sobre a fixação e produtividade de frutos no primeiro ano da adoção dessa prática (Tabela 3), deve-se considerar que efeitos adversos foram reportados no médio-longo prazo, como, por exemplo, restrição ao crescimento de raízes (Erner, 1988; McFadyen et al., 2013), amarelecimento e abscisão de folhas, em função do acúmulo excessivo de fotoassimilados (Cohen, 1977), e indução de estresse à planta (Rivas et al., 2011). Tais informações sugerem a necessidade de pelo menos três anos de avaliações em experimentos de anelamento (Garmendia et al., 2019), para se verificar eventuais efeitos adversos sobre o desenvolvimento e produtividade das plantas ao longo de sucessivas safras.

A ausência de resposta na fixação e produção de frutos nas laranjeiras, em função da aplicação de caulim processado, observada tanto em Barretos, como em Taquaral (Tabelas 1 e 3), provavelmente, deve-se aos efeitos pouco pronunciados dos tratamentos sobre a reflexão do excesso de radiação ultravioleta e infravermelha nas folhas (Glenn et al., 2002; Glenn & Puterka, 2005; Glenn, 2012). Essa condição pode ter minimizado, conseqüentemente, a influência do caulim sobre parâmetros físicos, fisiológicos e metabólicos nas plantas, como temperatura foliar, déficit de pressão de vapor, condutância estomática, e balanço hormonal, anulando, assim, o seu potencial de resposta sobre as variáveis avaliadas no presente trabalho (Tabelas 1 e 3).

Os resultados benéficos da aplicação de caulim sobre a fixação de frutos e/ou produção devem-se, principalmente, à redução da temperatura foliar, conforme relatado em diversas culturas (Glenn et al., 1999; Glenn et al., 2002; Jifon & Syvertsen, 2003; Lombardini et al., 2005; Rosati et al., 2006; Saavedra et al., 2006; Steiman et al., 2007; Glenn, 2009, 2012; Boari et al., 2015; Sharma et al., 2015; Dinis et al., 2018). Adicionalmente, como consequência do aumento do reflexo da radiação incidente e da redução da temperatura foliar, devido à aplicação do caulim, os efeitos positivos nas plantas também estão associados ao incremento da condutância estomática e da assimilação do CO₂, decréscimo da fotoinibição, maior eficiência do uso de água (Jifon & Syvertsen, 2003; Glenn, 2012; Dinis et al., 2018), aumento da distribuição de luz ao interior da copa (Wunche et al., 2004; Glenn & Puterka, 2007; Rosati et al., 2007; Steiman et al., 2007; Glenn, 2009), e redução de fito-hormônios relacionados à estresses ambientais, como o ácido abscísico (Rosati et al., 2007; Boari et al., 2015; Sharma et al., 2015; Brito et al., 2019), os quais condicionam a abscisão de folhas, flores e frutos.

Entretanto, essas alterações positivas promovidas em conjunto, pela utilização do caulim, são viabilizadas por doses maiores do que as testadas no presente estudo, na faixa de concentração entre 5 e 6 % (Jifon & Syvertsen, 2003; Steiman et al., 2007; Dinis et al., 2018). Os efeitos do caulim são proporcionais à quantidade de resíduo sobre a superfície da planta (Glenn et al., 2002), o que está associado à redução da radiação incidente (Glenn et al., 1999; Jifon & Syvertsen, 2003; Steiman et al., 2007), sugerindo a necessidade de se avaliar o uso de doses mais elevadas em futuras pesquisas.

Na maior parte das pesquisas conduzidas com caulim, nas quais se obteve resultados benéficos ao desenvolvimento e produção das plantas, as condições climáticas não foram tão adversas, com temperaturas elevadas e umidades relativas do ar baixas, associadas a irregularidade na distribuição de chuvas, durante o período crítico de florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos, tal como as observadas no presente estudo (Figuras 7 e 8).

Nesse âmbito, destaca-se que a eficiência do caulim processado tem sido constatada principalmente sob estresse térmico moderado, sendo limitada em condições climáticas adversas mais extremas (Brito et al., 2019), tal como observado no presente estudo (Figuras 7 e 8), contribuindo para a ausência de resposta dos tratamentos no presente estudo (Tabelas 1 e 3).

As laranjeiras apresentam elevada sensibilidade às temperaturas elevadas e déficits hídricos acentuados (Hall et al., 1975; Syvertsen & Salyani, 1991), especialmente na fase de florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos (Moss, 1973; Brewer et al., 1977; Kumar et al., 2011). A temperatura ótima para que os processos fisiológicos ocorram de forma otimizada situa-se na faixa entre 15 e 30°C, dependendo da umidade (Kriedemann, 1968; Khairi & Hall, 1976). Condições climáticas adversas contribuem para o incremento do déficit de pressão de vapor e redução da condutância estomática (Hall et al., 1975; Syvertsen & Salyani, 1991), além do aumento da fotorrespiração (Jifon & Syvertsen, 2003), condicionando, assim, menor assimilação de CO₂ e síntese de carboidratos, que limita a fixação e produção de frutos nos citros (Bustan & Goldschmidt, 1998; Goldschmidt, 1999; Jifon & Syvertsen, 2003).

Efeitos positivos sobre a produtividade foram relatados em tangerineiras, no Egito, em que três aplicações de caulim nos meses de verão, nas concentrações de 3 a 4%, resultaram no incremento de produtividade, o qual foi atribuído à redução pronunciada da temperatura nas folhas e frutos (Ennab et al., 2017). Na cultura do café, a produtividade foi incrementada apenas no segundo ano de aplicação de caulim, na concentração de 6% (Steiman et al., 2007), indicando que a avaliação de apenas uma safra pode ser insuficiente em culturas perenes. Esse resultado positivo foi associado à maior transmissão de luz ao interior da copa e acúmulo de fotoassimilados devido a taxa de fotossíntese mais elevada, o que deve ter favorecido a iniciação floral, contribuindo para o aumento de produtividade (Steiman et al., 2007). Os autores, contudo, ressaltam não ter ocorrido efeito do caulim sobre a fixação de frutos, assim como observado no presente trabalho (Tabelas 1 e 3). Respostas positivas na produtividade também foram reportadas em videira, com aplicação de caulim a 5% de concentração (Dinis et al., 2018).

Em contrapartida, em relação aos efeitos sobre a produtividade, resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo foram reportados em macieiras tratadas com caulim, as quais produziram 32,31 kg planta⁻¹, enquanto a testemunha apresentou produção correspondente a 31,46 kg planta⁻¹, não diferindo estatisticamente (Schupp et al., 2002). Ausência de resposta na produtividade também foi verificada na cultura da pera, quando se adotou programa de três a

seis aplicações de caulim, nas concentrações de 3 e 6% em cada safra, repetido durante três anos (Sugar et al., 2005).

A formulação do caulim processado é desenvolvida objetivando não afetar as trocas gasosas nas plantas. No entanto, há que se considerar que os resultados na literatura são divergentes nesse ponto (Glen & Puterka, 2005). Efeitos neutros (Schupp et al., 2002; Sugar et al., 2005) ou mesmo negativos (Cantore et al., 2009) sobre a produtividade, decorrentes da aplicação de caulim processado, podem estar associados à obstrução parcial dos estômatos, redução da radiação fotossinteticamente ativa, limitando a assimilação de carbono (Glenn et al., 1999; Jifon & Syvertsen, 2003; LeGrange et al., 2004; Wunsche et al., 2004; Lombardini et al., 2005; Russo & Días Perez, 2005; Steiman et al. 2007; Sharma et al., 2015; Cantore et al., 2009), e decréscimo na eficiência do uso de água pela planta (Glenn et al., 2003, Glenn, 2010).

No presente estudo, porém, salienta-se que não foram observados efeitos negativos da aplicação do caulim processado, nas concentrações de 2 e 3 %, na produção das plantas, quando comparado à testemunha (Tabelas 1 e 3). Essa constatação é importante, pois não desqualifica o uso desse produto no manejo do HLB, conforme sugerido recentemente (Miranda et al., 2018; Ramírez-Godoy et al., 2018).

As inconsistências dos resultados sob uso do caulim, quando se analisa o presente trabalho em comparação com aqueles publicados na literatura, podem ser atribuídas, principalmente, às variações nas técnicas de aplicação desse produto, nível de cobertura proporcionado, e os consequentes efeitos sobre a transmissão de luz nas folhas, temperatura foliar e atividade fisiológica-metabólica das plantas tratadas (Steiman et al., 2007).

A produção de frutos foi expressivamente influenciada pelo lado da planta, independentemente dos tratamentos avaliados (Tabelas 1, 2, 3 e 4). A face exposta ao Sol nascente (Leste) apresentou maior quantidade de frutos por superfície de copa, por planta, e produção (Tabelas 1, 2, 3 e 4). A menor produção na face Oeste da planta, provavelmente, está relacionada ao excesso de radiação e às maiores temperaturas (Sol poente), o que pode ter ocasionado estresses foto-termo-oxidativos, limitando a atividade fotossintética da planta (Hall et al., 1975; Syvertsen & Salyani, 1991; Goldschmidt, 1999; Law & Craft-Brandner, 1999; Jifon & Syvertsen, 2003; Iglesias et al., 2007; Steiman et al., 2007; Taiz & Zeiger, 2013), condicionando maior queda de frutos (Tabelas 1 e 3).

Essas informações sugerem a necessidade de maior atenção para o desenvolvimento de estratégias mitigadoras de estresse térmico por altas temperaturas, principalmente na face da planta exposta ao sol da tarde, e indicam a importância de se avaliar o sentido de alinhamento de plantio em pomares de citros em regiões mais sujeitas a esses estresses, visando reduzir o

excesso de radiação sobre determinado lado da planta, o que se mostrou bastante prejudicial à produção (Tabelas 1 e 3).

Quando analisamos os dois lados da planta, separadamente, na área experimental de Taquaral, é possível observar que na face que esteve submetida ao menor nível de estresse térmico (Face Leste), o potencial de resposta positiva aos tratamentos avaliados foi maior em comparação à face Oeste da planta, exposta ao maior nível de radiação (Sol poente) (Tabela 4). Complementarmente, em Barretos, a ausência de efeito dos tratamentos em ambas as faces da planta (Tabela 2), reitera que as estratégias estudadas não apresentam eficácia sob condições climáticas mais adversas (Tabela 1).

Constatou-se no presente estudo, que o método de avaliação empregado para contagem dos frutos imaturos no pomar de Barretos e Taquaral, após a queda fisiológica na fase F4, mediante a utilização de gabarito de 0,5 m², mostrou-se eficiente para avaliar a fixação dos frutos decorrente dos tratamentos utilizados, uma vez que se obteve correlação linear positiva significativa com a produção das plantas (Figura 9). Desse modo, o método utilizado apresenta potencial para uso em trabalhos similares futuros, devido à praticidade e rapidez de execução no campo.

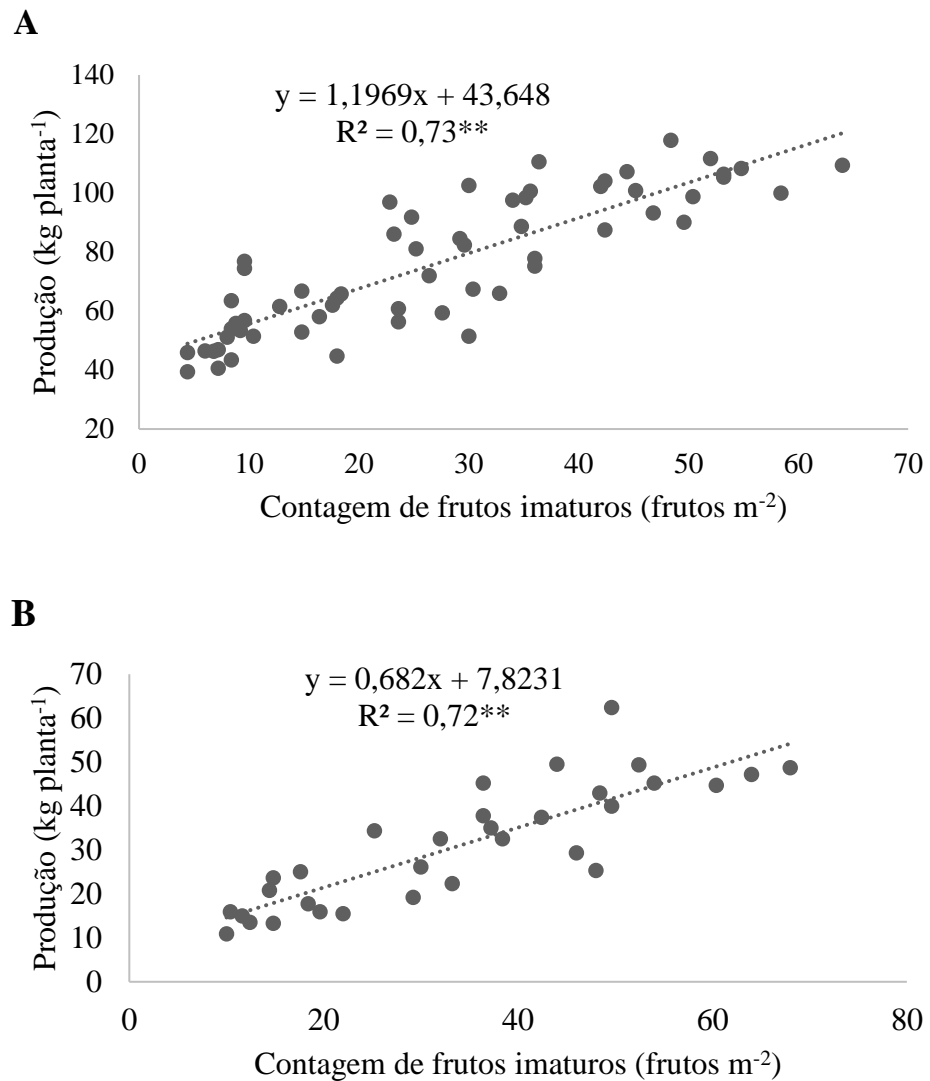


Figura 9. Correlação linear entre produção final colhida e número de frutos imaturos contados em quadrado de 0,5 m² sobre a porção lateral da copa, após queda fisiológica natural dos frutos, de laranjeira-doce submetida a diferentes manejos para redução de estresse térmico em Barretos (n=60) (A), e Taquaral (n=32) (B), safra 2019/2020. ******Significativo (p<0,01).

3.3 Qualidade dos frutos

Não foram observados efeitos dos tratamentos nos atributos físicos dos frutos em Barretos (Tabela 5). Por outro lado, as faces da planta afetaram os atributos físicos analisados dos frutos. O lado da planta exposto ao Sol nascente (Leste) apresentou frutos menores em tamanho e massa (Tabela 5), o que provavelmente está associado à maior quantidade de frutos produzidos nesse lado (Tabela 1), ocasionando redução no seu tamanho individual em consequência da maior competição por fotoassimilados (Talón et al., 1997; Pereira et al., 2011).

Tabela 5. Diâmetro, altura e massa de frutos de frutos de laranjeira ‘Valência Americana’ submetida a diferentes manejos para redução do estresse térmico em Barretos-SP, 2019/2020.

Tratamentos	Diâmetro fruto (mm)	Altura fruto (mm)	Massa fruto (g)
Caulim (2%)	66,20 ± 1,00 a	66,20 ± 1,00 a	154,00 ± 4,70 a
Caulim (3%)	67,20 ± 0,60 a	67,40 ± 0,70 a	157,50 ± 4,30 a
Ácido Giberélico	65,90 ± 0,80 a	66,10 ± 0,70 a	146,80 ± 5,00 a
Anelamento	65,80 ± 0,70 a	66,40 ± 0,80 a	145,50 ± 4,10 a
Testemunha	67,10 ± 1,00 a	67,50 ± 0,80 a	156,60 ± 6,00 a
F (Trat.)	0,95 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,55 ^{ns}
CV (%)	3,65	3,38	10,21
Lado da Planta			
Oeste	67,40 ± 0,50 a	67,80 ± 0,40 a	156,80 ± 3,10 a
Leste	65,50 ± 0,50 b	65,60 ± 0,50 b	147,30 ± 2,90 b
F (Lado)	9,88**	12,29**	7,34*
F (Trat. x Lado)	2,41 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,87 ^{ns}
CV (%)	3,55	3,56	8,93

^{ns} = não significativo; *, ** significativos (p<0,05) e (p<0,01), respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, p<0,05). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

Os tratamentos também não influenciaram os atributos químicos dos frutos de laranjeira ‘Valência Americana’ em Barretos (Tabela 6). As estratégias de estudo implementadas para a mitigação do estresse térmico em laranjeiras, que incluíram o uso de caulim, reguladores de crescimento e anelamento, provavelmente não ocasionaram modificação significativa no acúmulo de fotoassimilados ao longo do desenvolvimento dos frutos, não afetando a sua qualidade durante a safra 2019/2020 (Medina et al., 2005; Khandaker et al., 2011; Taiz & Zeiger, 2013).

Por outro lado, maiores valores de concentração de sólidos solúveis no suco foram constatados em frutos da face da planta exposta ao Sol poente (Oeste), enquanto maior

rendimento de suco foi observado em frutos colhidos no lado Leste da planta (Tabela 6). O microambiente o qual ficou exposta a face Oeste da planta, caracterizado por maior intensidade de radiação de luz e temperatura mais elevada, podem ter contribuído para um menor rendimento de suco devido à murcha mais intensa, concentrando os sólidos solúveis.

Tabela 6. Sólidos solúveis totais (SST), rendimento de suco (RS), acidez titulável total (ATT) e *ratio* ($SST \cdot ATT^{-1}$) de suco e índice tecnológico (IT) de frutos de laranja ‘Valência Americana’ submetida a diferentes manejos para redução do estresse térmico em Barretos-SP, 2019/2020.

Tratamentos	SST (° Brix)	RS (%)	ATT (%)	<i>Ratio</i> ($SST \cdot ATT^{-1}$)	IT (kg SST caixa ⁻¹)
Caulim (2%)	12,51 ± 0,10 a	48,80 ± 0,40 a	1,07 ± 0,04 a	11,80 ± 0,40 a	2,49 ± 0,03 a
Caulim (3%)	12,22 ± 0,10 a	49,50 ± 0,30 a	1,07 ± 0,03 a	11,50 ± 0,30 a	2,47 ± 0,02 a
Ácido Giberélico	12,73 ± 0,10 a	48,40 ± 0,40 a	1,16 ± 0,05 a	11,20 ± 0,40 a	2,51 ± 0,02 a
Anelamento	12,66 ± 0,18 a	48,00 ± 0,40 a	1,12 ± 0,04 a	11,50 ± 0,40 a	2,48 ± 0,04 a
Testemunha	12,52 ± 0,13 a	48,20 ± 0,40 a	1,16 ± 0,03 a	10,90 ± 0,20 a	2,46 ± 0,02 a
F (Trat.)	1,78 ^{ns}	2,34 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,41 ^{ns}
CV (%)	4,05	2,73	12,07	9,0	4,3
Lado da Planta					
Oeste	12,63 ± 0,10 a	48,10 ± 0,30 b	1,12 ± 0,03 a	11,40 ± 0,30 a	2,47 ± 0,02 a
Leste	12,42 ± 0,07 b	49,10 ± 0,20 a	1,11 ± 0,02 a	11,30 ± 0,20 a	2,48 ± 0,01 a
F (Lado)	4,09*	13,11**	0,22 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,33 ^{ns}
F (Trat. x Lado)	0,41 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,40 ^{ns}
CV (%)	3,11	2,27	9,90	10,33	3,46

^{ns} = não significativo; *, ** significativos ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

De forma análoga a observada na área experimental de Barretos, não houve efeitos dos tratamentos nos atributos físicos dos frutos em Taquaral (Tabela 7). Por outro lado, as faces da planta influenciaram os atributos físicos analisados dos frutos, sendo que o lado da planta exposto ao Sol nascente (Leste) apresentou frutos de menor altura em comparação aos frutos do lado Oeste, que produziu menos frutos (Tabela 7).

Tabela 7. Diâmetro, altura e massa de frutos de laranjeira ‘Natal’ submetida a diferentes manejos para redução do estresse térmico em Taquaral-SP, 2019/2020.

Tratamentos	Diâmetro fruto (mm)	Altura fruto (mm)	Massa fruto (g)
Caulim (3%)	64,50 ± 0,70 a	65,40 ± 0,60 a	142,60 ± 4,30 a
Ácido Giberélico	63,80 ± 0,70 a	64,30 ± 1,10 a	143,50 ± 5,00 a
Anelamento	65,00 ± 0,50 a	64,00 ± 0,80 a	145,70 ± 4,10 a
Testemunha	65,00 ± 0,60 a	64,90 ± 0,90 a	149,30 ± 3,60 a
F (Trat.)	0,60 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,28 ^{ns}
CV (%)	3,16	4,05	11,11
Lado Planta			
Oeste	65,00 ± 0,50 a	65,40 ± 0,50 a	147,00 ± 2,50 a
Leste	64,20 ± 0,40 a	63,80 ± 0,60 b	143,60 ± 3,30 a
F (Lado)	2,24 ^{ns}	7,82*	1,32 ^{ns}
F (Trat. x Lado)	0,44 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,69 ^{ns}
CV (%)	2,38	2,50	5,75

^{ns} = não significativo; *, ** significativos (p<0,05) e (p<0,01), respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, p<0,05). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

Os tratamentos influenciaram alguns dos atributos químicos e qualitativos dos frutos de laranjeira ‘Natal’ em Taquaral (Tabela 8), sendo que menores rendimentos de suco e IT foram verificados nas plantas tratadas com caulim em relação às tratadas com ácido giberélico. Em relação aos lados da copa, essas mesmas variáveis foram maiores na face da planta exposta ao Leste (Tabela 8).

Tabela 8. Concentração de sólidos solúveis totais (SST), rendimento de suco (RS), acidez titulável total (ATT) e *ratio* (SST.ATT⁻¹) de suco e índice tecnológico (IT) de frutos de laranja 'Natal' submetida a diferentes manejos para redução do estresse térmico em Taquaral-SP, 2019/2020.

Tratamentos	SS (° Brix)	RS (%)	AT (%)	<i>Ratio</i> (SST.ATT ⁻¹)	IT (kg SST caixa ⁻¹)
Caulim (3%)	15,79 ± 0,10 a	38,40 ± 1,00 b	1,03 ± 0,06 a	15,50 ± 0,70 a	2,47 ± 0,06 b
Ácido Giberélico	15,57 ± 0,16 a	41,90 ± 0,60 a	0,88 ± 0,05 a	18,10 ± 1,20 a	2,66 ± 0,03 a
Anelamento	15,30 ± 0,10 a	40,40 ± 1,40 ab	0,84 ± 0,03 a	18,50 ± 0,70 a	2,52 ± 0,07ab
Testemunha	15,40 ± 0,18 a	40,30 ± 0,80 ab	0,92 ± 0,03 a	16,90 ± 0,60 a	2,53 ± 0,03 ab
F (Trat.)	1,48 ^{ns}	2,85*	1,57 ^{ns}	1,85 ^{ns}	3,12*
CV (%)	3,18	5,81	18,75	16,20	5,09
Lado Planta					
Oeste	15,57 ± 0,10 a	39,50 ± 0,60 b	0,93 ± 0,04 a	17,10 ± 0,60 a	2,50 ± 0,06 b
Leste	15,47 ± 0,10 a	41,00 ± 0,80 a	0,91 ± 0,03 a	17,40 ± 0,60 a	2,58 ± 0,06 a
F (Lado)	1,65 ^{ns}	14,41**	0,33 ^{ns}	0,34 ^{ns}	15,87**
F (Trat. x Lado)	2,45 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,31 ^{ns}
CV (%)	1,42	2,89	10,16	9,00	2,23

^{ns} = não significativo; *, ** significativos (p<0,05) e (p<0,01), respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, p<0,05). As médias estão acompanhadas pelo erro padrão da média.

Os custos estimados dos tratamentos testados por hectare tratado, sem contabilizar os custos operacionais com máquinas, tendo como base as condições do presente experimento, seriam de: R\$ 536,00 para o ácido giberélico (ProGibb); R\$ 2.280,00 para o caulim processado na concentração de 2%; R\$ 4.320,00 para o caulim processado na concentração de 3%; e R\$ 2.050,00 para o anelamento das pernas principais das plantas (cotação do dólar: R\$ 5,46). Analisando-se os custos estimados e os efeitos sobre a produtividade dos respectivos tratamentos avaliados (Tabelas 1 e 3), conclui-se que os tratamentos não apresentaram relação custo/benefício positiva, embora a aplicação de ácido giberélico apresente maior potencial de viabilidade econômica.

A presente pesquisa contou com a avaliação de somente uma safra de produção (2019/2020) em duas localidades no Norte do estado de São Paulo. Portanto, salienta-se a necessidade de repetir o experimento por mais dois anos pelo menos, e em mais localidades, afim de comprovar os resultados obtidos, que, como discutidos anteriormente, podem variar em função principalmente das condições climáticas e do estado das plantas em termos de equilíbrio de carboidratos, nutrientes e hormônios.

4. CONCLUSÃO

- Nas condições em que este trabalho foi realizado, a aplicação de ácido giberélico a 25 mg/L ou anelamento de pernadas na fase de queda de pétalas promovem aumento na fixação de frutos imaturos de laranjeira-doce sob condições mais moderadas de estresse por alta temperatura durante o pós-florescimento.
- A aplicação quinzenal de caulim processado a 2 e 3%, da florada à segunda queda fisiológica de frutos, e a aplicação de ácido giberélico a 25 mg/L ou anelamento de pernadas na fase de queda de pétalas não influenciam na produção e qualidade de frutos de laranjeira-doce exposta aos efeitos de estresse por alta temperatura durante o pós-florescimento.

REFERÊNCIAS

- Agustí, M., Almela, V. 1991. **Aplicación de fitorreguladores em citricultura**. Barcelona: Aedos. 169 p.
- Albrigo, L.G. 2004. Climatic effects on flowering, fruit set and quality of citrus – a review. **Proceedings of the X International Citrus Congress**. Agadir. p. 278-283.
- Bataglia, O.C., Furlani, A.M.C., Teixeira, J.P.F., Furlani, P.R., Gallo, J.R. 1983. **Métodos para análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico. 48 p.
- Boari, F., Donadio, A., Schiattone, M.I., Cantore, V. 2015. Particle film technology: a supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management** 147:154-162.
- Brewer, R.F., Opitz, K., Aljibury, F., Hench, K. 1977. The effects of cooling by overhead sprinkling on “June Drop“ of navel oranges in California. **Proceedings of the International Society of Citriculture** 3:1045-1048.
- Brito, C., Dinis, L-T., Moutinho-Pereira, J., Correia, C. 2019. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. **Scientia Horticulturae** 250:310-316.
- Bustan, A., Goldschmidt, E.E, 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. **Plant, Cell & Environment** 21:217-224.
- Cantore, V., Pace, B., Rossella, A. 2009. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. **Environmental and Experimental Botany** 66:279-288.
- Cifuentes-Arenas, J.C., Goes, A., Miranda, M.P., Beattie, G.A.C., Lopes, S.A. 2018. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **Plos One** 13:1-17.
- Cohen, A. 1977. Girdling effects on tree performance. **Proceedings of the International Society of Citriculture** 1:178-181.
- Dinis, L.T., Malheiro, L.C., Luzio, A., Fraga, H. 2018. Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. **Photosynthetica** 56:641-651.
- Duarte, A.M.M., Trindade, D.T.G., Guardiola, J.L. 1996. Thinning of ‘Esbal’ Clementine with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. Influence on yield, fruit size and fruit quality. **Proceedings of the International Society of Citriculture** 2:929-933.
- Ennab, H.A., El-Sayed, S.A., Abo El-Enin, M.M.S. 2017. Effect of kaolin applications on fruit sunburn, yield and fruit quality of balady mandarin (*Citrus reticulata*, Blanco). **Menoufia Journal of Plant Production** 2:129-138.
- Erickson, L.C., Brannaman, B.L. 1960. Abscission of reproductive structures and leaves of orange trees. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science** 75:222-229.

Erner Y. 1988. Effects of girdling on the differentiation of inflorescence types and fruit set in 'Shamouti' orange trees. **Israel Journal of Botany** 37:173-180.

Fante, K.P., Neto, J.L.S. 2017. Mudanças nos padrões da temperatura do estado de São Paulo/Brasil nos últimos 50 anos. **Revista do Departamento de Geografia** 33:12-23.

Fayek, M.A., Yehia, T.A., El-Fakhrany, E.M.M., Farag, A.M. 2011. Effect of ringing and amino acids application on improving fruiting of Le conte pear trees. **Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants** 3: 1-10.

FNP Consultoria e Comércio. 2019. Citros: laranja. In: _____. **Agriannual 2019**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio p. 225-236.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2016. **Inventário de árvores do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**. Araraquara: Fundecitrus. 77 p.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2020. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**. Araraquara: Fundecitrus. 139 p.

García-Martinez, J.L., Garcia-Papi, M.A. 1979. The influence of gibberellic acid, 2,4-dichlorophenoxy-acetic acid and 6-benzylaminopurine on fruit-set of clementine mandarin. **Scientia Horticulturae** 10:285-293.

Garmendia, A., Beltrán, R., Zornoza, C., García-Breijo, F.J., Reig, J., Merle, H. 2019. Gibberellic acid in Citrus spp. flowering and fruiting: a systematic review. **PLoS ONE** 14(9): e0223147.

Glenn, D.M. 2009. Particle film mechanisms of action that reduce the effect of environmental stress in Empire apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 134(3):314-321.

Glenn, D.M. 2010. Canopy gas exchange and water use efficiency of Empire apple in response to particle film, irrigation, and microclimatic factors. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 135:25-32.

Glenn, D.M. 2012. The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. **HortScience** 47:710-711.

Glenn, D.M., Erez, A., Puterka, G.J., Gundrum, P. 2003. Particle films affect carbon assimilation and yield in Empire apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 128(3):356-362.

Glenn, D.M., Puterka, G.J. 2004. Particle film technology: an overview of history, concepts and impact in horticulture. **Acta Horticulturae** 636:509-511.

Glenn, D.M., Puterka, G.J. 2005. Particle films: a new technology for agriculture. **Horticultural Reviews** 31:1-44.

Glenn, D.M., Puterka, G.J. 2007. The use of plastic films and sprayable reflective particle films to increase light penetration in apple canopies and improve apple color and weight. **HortScience** 42:91-96.

Glenn, D.M., Puterka, G.J. Vanderzwet, T., Bryers, R.E., Feldhake, C. 1999. Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and diseases. **Journal of Economic Entomology** 92:759-771.

Glenn, D.M., Puterka, G.J., Drake, S.R., Unruh, T.R., Knight, A.L., Baherle, P., Prado, E., Baugher, T.A. 2001. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 126(2):175-181.

Glenn, D.M., Prado, E., Erez, A., Ferson, G.M., Puterka, G.J. 2002. A reflective processed kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection and solar injury in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 127(2):188-193.

Goldschmidt, E.E. 1999. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. **HortScience** 34:1020-1024.

Goldschmidt, E.E., Monselise, S.P. 1977. Physiological assumptions toward the development of a citrus fruiting model. **Proceedings of International Society of Citriculture** 2:668-672.

Goren, R., Monselise, S.P. 1971. Effects of ringing on yields of low-bearing orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). **Journal of Horticultural Science** 46:435-441.

Gravina, A., Gambetta, G., Rey, F., Guimaraes, N. 2016. Improvement of “Afourer” mandarin productivity in isolation of cross-pollination. **Agrociencia** 20:22-28.

Guardiola, J.L. 1992. Fruit set and growth. **Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology**. Bebedouro, Funep. 1993. p. 1-30.

Guardiola, J.L., Almela, V., Barrés, M.T. 1988. Dual effect of auxins on fruit growth in Satsuma mandarin. **Scientia Horticulturae** 34:229-237.

Guardiola, J.L.; García-Mari, F.; Augusti, M. 1984. Competition and fruit set in Washington Navel orange. **Physiologia Plantarum** 62:297-302

Hall, A.E., Camacho, S.E., Kaufmann, M.R. 1975. Regulation of water loss by citrus leaves. **Physiologia Plantarum** 33:62-65.

Hall, D.G, Lapointe, S.L, Wenninger, E.J. 2007. Effects of a particle film on biology and behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its infestations in Citrus. **Journal of Economic Entomology** 100:847-854.

- Iglesias, D.J., Cercós, M., Colmenero-Flores, J.M., Naranjo, M.A. 2007. Physiology of citrus fruiting. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 19:333-362.
- IPCC. 2015. **Climate Change 2014**: synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva. 151 p.
- Jifon, J., Syvertsen, J.P. 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby Red' Grapefruit leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 128:107-112.
- Kende, H., Zeevaart, J.A. The five classical plant hormones. 1997. **The Plant Cell** 9:1197-210.
- Khairi, M.M.A., Hall, A.E. 1976. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. **Physiologia Plantarum** 36:29-34.
- Khandaker, M.M., Hossain, A.B., Osman, N., Boyce, A.N. 2011. Application of girdling for improved fruit retention, yield and fruit quality in *Syzygium samarangense* under field conditions. **International Journal of Agriculture Biology** 13:18-24.
- Koller, O.C., Sobrinho, F.F., Schwarz, S.F. 1999. Frutificação precoce de laranjeiras "Monte Parnaso" com anelagem e pulverizações de ácido giberélico e óleo mineral. **Pesquisa agropecuária brasileira** 34:63-68.
- Krezdorn, A.H.; Brown, H.D. 1970. Increasing yields of 'Minneolla', 'Robinson' and 'Osceola' varieties with gibberellic acid sprays and girdling. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, 83:29-34.
- Kriedemann, P.E. 1968. Some photosynthetic characteristics of citrus leaves. **Australian Journal of Biological Sciences** 21:895-905.
- Kumar, K., Rashid, R., Bhat, J.A., Bhat, Z.A. 2011. Effects of high temperature on fruit crops. **Applied Botany** 39:4745-4747.
- Lalancette, N., Belding, R.D., Shearer, P.W., Frecon, J.L., Tietjen, W.H. 2005. Evaluation of hydrophobic and hydrophilic kaolin particle films for peach crop, arthropod and disease management. **Pest Management Science** 61:25-39.
- Law, R.D., Crafts-Brandner, S.J. 1999. Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of ribulose-1-5-bisphosphate carboxylase oxygenase. **Plant Physiology** 120:173-181.
- Le Grange, M., Wand, S.J.E., Theron, K.I. 2004. Effect of kaolin applications on apple fruit and gas exchange of apple leaves. **Acta Horticulturae** 636:545-551.
- Lombardini, L., Harris, M.K., Glenn, D.M. 2005. Effects of particle film application on leaf gas exchange, water relations, nut yield, and insect populations in mature plant trees. **HortScience** 40:1376-1380.
- Mattos Junior, D., Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Ed.). 2005. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico. 929 p.

- Mauk, C.S., Bausher, M.G., Yelenosky, G. 1986. Influence of growth regulator treatments on dry matter production, fruit abscission, and ¹⁴C-assimilate partitioning in citrus. **Journal of Plant Growth Regulation** 5:111-120.
- McFadyen, L., Robertson, D., Sedgley, M., Kristiansen, P., Olesen, T. 2013. Effects of girdling on fruit abscission, yield and shoot growth in macadâmia. **Scientia Horticulturae** 164:172-177.
- Medina, C.L., Rena, A.B., Siqueira, D.L., Machado, E.C. 2005. Fisiologia dos citros. In: Mattos Junior, D., Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico. p. 149-195.
- Miranda, M.P., Zanardi, O.Z., Tomaseto, A.F., Volpe, H.X.L., Garcia, R.B., Prado, E. 2018. Processed Kaolim affects the probing and settling behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: *Lividae*). **Pest Management Science** 74:1964-1972.
- Monselise, S.P. 1977. Citrus fruit development: endogenous systems and external regulation. **Proceedings of the international Society of Citriculture** 2:664-668.
- Monselise, S.P. 1979. Use of growth regulators in citriculture – Review. **Scientia Horticulturae** 11:151-162.
- Moss, G.I. 1973. The influence of temperature during flower development on the subsequent fruit-set of sweet orange (*Citrus sinensis*) ‘Washington Navel’. **Horticultural Research**. 13:65-73.
- Neves, M.F, Trombin, V.G. 2017. **Anuário da citricultura**. São Paulo: CitrusBr. 57 p.
- Ortolá, A.G., Monerri, C., Guardiola, J.L., Garcia-Martinez, J.L., Quinlan, J.D. 1998. Fruitlet age and inflorescence characteristics affect the thinning and the increase in fruitlet growth rate induced by auxin applications in citrus. **Acta Horticulturae** 463:501-508.
- Pereira, C.S., Siqueira, D.L., Salomão, L.C.C, Cecon, P.R, Santos, D. 2011. Teores de carboidratos nas folhas e produção de limeiras ácida ‘Tahiti’ aneladas e tratadas com ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura** 33:706-712.
- Pompeu Junior, J. 2005. Porta-enxertos. In: Mattos Junior, D., Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico. p. 63-104.
- Powell, A., Krezdorn, A. 1977. Influence of fruit-setting treatment on translocation of metabolites-C-14 in citrus during flowering and fruiting. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 102:709-714.
- Quaggio, J.A., Mattos Junior, D., Boaretto, R.M. 2010. Citros. In: Prochnow, L.I., Casarin, V., Stipp, S.R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas**. Piracicaba: IPNI, p. 371-409.
- Ramírez-Godoy, A., Puentes-Peréz, G., Restrepo-Díaz, H. 2018. Evaluation of the effect of foliar application of kaolin clay and calcium carbonate on population of *Diaphorina citri* (Hemiptera: *Liviidae*) in Tahiti lime. **Crop Protection** 109:62-71.

- Reuther, W. 1973. Climate and citrus behavior. In: Reuther, W. (Ed.) **The citrus industry**. Berkley: University of California. p. 281-337. v. 3.
- Ribeiro, R.V., Rolim, G.S., Azevedo, F. A., Machado, E.C. 2008. Valencia sweet orange tree flowering evaluation under field conditions. **Scientia Agricola** 65:389-396.
- Rivas, F., Erner, Y. Alós, E., Juan, M., Almela, V., Augustí, M. 2006. Girdling increases carbohydrate availability and fruit-set in citrus cultivars irrespective of parthenocarpic ability. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 81:289-295.
- Rivas, F., Fornes, F. Rodrigo, M.J., Zacarías, L., Augusti, M. 2011. Changes in carotenoids and ABA content in Citrus leaves in response to girdling. **Scientia Horticulturae** 127:482-487.
- Rivas, F., Gravina, A., Augusti, M. 2007. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two citrus cultivar. **Tree Physiology** 27:527-535.
- Rosati, A. 2007. Physiological effects of kaolin particle film technology: a review. **Functional Plant Science and Biotechnology** 1:100-105.
- Rosati, A., Metcalf, S.G., Buchner, R.P., Fulton, A.E., Lampinen, B.D. 2006. Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. **Annals of Botany**. 98:267-275.
- Rosati, A., Metcalf, S.G., Buchner, R.P. Fulton, A.E. Lampinen, B.D. 2007. Effects of kaolin application on light absorption and distribution, radiation use efficiency and photosynthesis of almond and walnut canopies. **Annals of Botany** 99:255-263.
- Russo, V., Díaz-Pérez, J. 2005. Kaolin-based particle film has no effect on physiological measurements, disease incidence or yields in peppers. **HortScience** 40:98-101.
- Saavedra, R.G., Escaff, M.G., Hernández, J.V. 2006. Kaolin effects in processing tomato production in Chile. **Acta Horticulturae** 724:191-198.
- Sachs, R.M., Bretz, C.F., Lang, A. 1959. Shoot histogenesis, the early effects of gibberellin upon stem elongation in two rosette plants. **American Journal of Botany** 46:376-384.
- Sanches, F.R., Leite, I.C., Castro, P.R.C. 2001. Efeito do ácido giberélico (AG₃) na floração e produção da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 23:504-509.
- Sanyal, D.; Bangerth, F. 1998. Stress induced ethylene evolution and its possible relationship to auxin-transport, cytokinin levels, and flower bud induction in shoots of apple seedling and bearing apple trees. **Plant Growth Regulation** 24:127-134.
- Sato, K. 2014. Influence of drought and high temperature on citrus. In: Kanayama, Y., Kochetov, A. (Ed.). **Abiotic Stress Biology in Horticultural plants**. Japan: Springer. p. 77-86.
- Schupp, J.R., Fallahi, E., Chun, I.J. 2002. Effect of particle film on fruit sunburn, maturity and quality of 'Fuji' and 'Honeycrisp' apples. **HortTechnology** 12:87-90.

Sharma, R.R., Reddy, S.V.R., Datta, S.C. 2015. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science** 116-117:54-68.

Spósito, M.B, Mourão Filho, F.A.A. 2003. 'Tahiti lime fruit set related to gibberellic acid application on out-of season flowering and the accumulation of degree days. **Fruits** 58:151-156.

Steiman, S.R., Bittenbender, H.C., Idol, T.W. 2007. Analysis of kaolin particle film use and its application on coffee. **HortScience** 42:1605-1608.

Sugar, D., Hilton, R.J., van Buskirk, P.D. 2005. Effects of kaolin particle film and rootstock on tree performance and fruit quality in "Doyenne du Comice" pear. **HortScience** 40:1726-1728.

Syvertsen, J.P., Salyani, M. 1991. Petroleum spray oil effects on net gas Exchange of grapefruit leaves at various vapor pressures. **Horticultural Science** 26:168-170.

Taiz, L., Zeiger, E. 2013. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 918 p.

Talat, H., Shafqat, W., Qureshi, M.A., Sharif, N., Raza, M.K., Din, S., Ikram, S., Jaskani, M.J. 2020. Effect of gibberellic acid on fruit quality of kinnow mandarin. **Journal Global Innovative Agricultural Society Science** 8:59-63.

Talón, M., Hedden, P., Primi-Millo, E. 1990a. Gibberellins in *Citrus sinensis*: a comparison between seeded and seedless varieties. **Journal of Plant Growth Regulation** 9:201-206.

Talón, M., Zacarias, L., Primo-Millo, E. 1990b. Hormonal changes associated with fruit set and development in mandarins differing in their parthenocarpic ability. **Physical Plant**. 79:400-406.

Talón, M., Tadeo, F.R., Bem-Cheik, W., Gomez-Cardenas, A., Mehouchi, J., Perez-Botella, J., Primo-Millo, E. 1997. Hormonal regulation of fruit set and abscission in citrus: classical concepts and new evidence. **Acta Horticulturae** 209-217.

Ullah, R., Muhammad, S., Ahmad, H., Luqman, M., Razaq, M., Nabi, G., Fahad, S., Rab, A. 2014. Association of gibberellic acid (GA₃) with fruit set and fruit drop of sweet orange. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare** 4:54-59.

Wilson, W.C. 1983. The use of exogenous plant growth regulators on Citrus. In: Nickell, L.G. (Ed.) **Plant growth regulating chemicals**. Boca Raton: CRC Press. p. 207-232.

Wünsche, J.N., Lombardini, L., Greer, D.H. 2004. 'Surround' particle film applications effects on whole canopy physiology of apple. **Acta Horticulturae** 636:565-571.

Yamamoto, P.T., Paiva, P.E.B., Gravena, S. 2001. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na Região Norte do Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology** 30:165-170.

Zacarias, L., Talón, M., Bem-Cheikh, W., Lafauente, M.T., Primo-Millo, E. 1995. Abscisic acid increases non-growing and paclobutrazol treated fruits of seedless mandarins. **Physical Plant** 65:613-619.

Zucconi, F., Monselise, S.P., Goren, R. 1978. Growth abscission relationships in developing orange fruit. **Scientia Horticulturae** 9:137-146.