

NICOLÁS ARTURO OSORIO GRACIA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE TOMATES ORIUNDOS DA
POLINIZAÇÃO NATURAL E MECÂNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016**

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

O83p
2016

Osorio Gracia, Nicolás Arturo, 1991-

Produção e qualidade de tomates oriundos da polinização natural e mecânica / Nicolás Arturo Osorio Gracia. – Viçosa, MG, 2016.

vi, 44f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Carlos Nick Gomes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. Tomate - produtividade. 3. Tomate - Qualidade. 4. Tomate - polinização. 5. Sustentabilidade. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.642

NICOLÁS ARTURO OSORIO GRACIA

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE TOMATES ORIUNDOS DA
POLINIZAÇÃO NATURAL E MECÂNICA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de agosto de 2016.



Derly José Henriques da Silva
(Coorientador)



Edgard Augusto de Toledo Picoli
(Coorientador)



Fabiana Silva de Souza



Carlos Nick Gomes
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Professor Carlos Nick Gomes, pela orientação e amizade.

Ao professor Edgard Augusto de Toledo Picoli e Derly José Henriques da Silva, pela orientação e valiosas sugestões.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Olericultura (NEO) pela amizade e ajuda nesses últimos anos.

Aos meus pais Acened Gracia Angarita e Arturo Osorio Arevalo, por todo o apoio econômico, força, confiança e pelo amor e carinho incondicionais.

A toda minha família pelo apoio.

E a todos os demais, que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Nicolás Arturo Osorio Gracia, filho de Acened Gracia Angarita e Arturo Osorio Arevalo, nasceu em 15 de outubro de 1991, na cidade de Ibagué, departamento do Tolima, Colômbia.

Em Fevereiro de 2009, iniciou o curso de Agronomia na Universidad del Tolina em Ibagué Colômbia, colando grau em março de 2014.

Em agosto de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em Agosto de 2016.

SUMARIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Cultura do Tomateiro	2
2.2. Desenvolvimento do Fruto	3
2.3. Polinização.....	4
2.4. Polinização mecânica.....	5
3. REFERÊNCIAS.....	6
4. CAPITULO I:	12
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE TOMATES ORIUNDOS DA POLINIZAÇÃO NATURAL E MECÂNICA.....	12
RESUMO.....	13
ABSTRACT	14
4.1 INTRODUÇÃO	15
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.4 CONCLUSÕES	39
4.5 BIBLIOGRAFIA	39

RESUMO

OSORIO GRACIA, Nicolás Arturo, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2016. **Produção e qualidade de tomates oriundos da polinização natural e mecânica.** Orientador: Carlos Nick Gomes. Coorientadores: Derly José Henriques da Silva e Edgard Augusto de Toledo Picoli.

O tomateiro é reconhecido como planta modelo para o estudo do desenvolvimento do fruto de outras espécies que possuem anteras com deiscência poricida, sendo esta uma característica que dificulta o processo de polinização. A polinização mecânica é uma prática que facilita a liberação do pólen, melhorando a produção e qualidade dos frutos. Porém, reduzidas informações acerca da eficiência deste tipo de polinização na produção de frutos restringem seu uso. Nesse sentido, o objetivo desta proposta, é estudar os efeitos da polinização mecânica na produção e qualidade de tomates de três grupos varietais comerciais destinados ao consumo *in natura* em duas épocas de plantio. O experimento foi conduzido em campo, na Unidade de Pesquisa e Extensão de Hortaliças do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 (épocas de plantio) x 2 (polinização natural e polinização mecânica). Os ensaios foram realizados em outono/inverno e verão/outono para cada grupo, avaliando-os separadamente. Foram avaliadas variáveis referentes a: produtividade, qualidade, massa seca de sementes e número de sementes. Observou-se aumento na produtividade com o uso da polinização mecânica em ambas épocas de plantio para os grupos varietais Salada e Italiano, enquanto no grupo Santa Cruz apenas verificou-se esse aumento na época de outono/inverno. A polinização mecânica só aumentou o número de sementes no grupo Salada. Independentemente da época de plantio para os grupos varietais Salada e Italiano, a polinização mecânica atua eficientemente aumentando a produção sem alterar a qualidade do tomate.

ABSTRACT

OSORIO GRACIA, Nicolás Arturo, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, August 2016. **Production and quality of tomatoes coming from natural and mechanical pollination.** Adviser: Carlos Nick Gomes. Co-advisers: Derly José Henriques da Silva and Edgard Augusto de Toledo Picoli.

The tomato plant is recognized as a model to study the development of the fruit of other species that have anther dehiscence poricida with this being a characteristic which complicates the process of pollination. Mechanical pollination is a practice that facilitates the release of pollen, improving production and quality of fruit. However, reduced information about the efficiency of this type of pollination in fruit production restricts its use. In this sense, the objective of this proposal is to study the effects of mechanical pollination on yield and quality of tomatoes three commercial varieties groups intended for fresh consumption in two planting seasons. The experiment was conducted in the field, the Research Unit and Crop Science Department of Horticultural Extension of the Universidade Federal de Viçosa. The experimental design was in casualised blocks in factorial scheme 2 (planting dates) x 2 (natural pollination and mechanical pollination). The tests were carried out in autumn / winter and summer / fall for each group evaluating them separately. Variables were evaluated regarding: productivity, quality, dry seed weight and number of seeds. If you notice an increase in productivity with the use of mechanical pollination in both planting dates for groups Salada and Italiano, while in Santa Cruz group only there was this increase during the autumn/winter. Mechanical pollination only increase the number of seeds in the group Salada. Regardless of the planting season for the groups Salada and Italiano, mechanical pollination operates efficiently increasing production without changing the quality of the tomatoes.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro além de ser fonte importante de nutrientes na dieta humana devido a suas propriedades funcionais, é reconhecido como planta modelo para o estudo do desenvolvimento de frutos carnosos devido suas características genéticas, como ciclo fenológico curto (TOHGE; FERNIE, 2015) e ampla adaptação climática (DE CÁSSIA PEREIRA-CARVALHO et al., 2014).

A polinização é um processo simbiótico que ocorre entre as espécies polinizadoras e as polinizadas, e sua importância está em assegurar a reprodução, desenvolvimento do fruto e a manter a diversidade genética de ampla variedade de alimentos, principalmente de cultivos de olerícolas (FAO, 2015).

Técnicas como polinização mecânica apresentam resultados positivos na melhoria do rendimento e qualidade dos frutos no sistema de produção do tomateiro. Apesar da importância da cultura, pouco foi explorado quanto ao embasamento teórico que justifique o aumento em atributos relacionados à qualidade e rendimento decorrentes de processos fisiológicos e morfológicos no fruto. Essa informação é necessária para o entendimento e interpretação crítica e coerente do processo de produção de frutos de tomate no intuito de aplicar e potencializar seu uso em escala produtiva.

A maioria das solanáceas possuem deiscência poricida, o que faz com que o processo de polinização converta-se num fator determinante para o desenvolvimento do fruto, uma vez que as flores do tomateiro precisam ser vibradas pelos agentes polinizadores para facilitar a liberação do pólen (CARRIZO GARCÍA et al., 2008).

O desenvolvimento do fruto é determinado por interações morfológicas e fisiológicas mediante a ação de hormônios responsáveis pela ativação de enzimas e proteínas que favorecem o crescimento, alongação, expansão e multiplicação de células que compõem os tecidos do fruto. Estas interações também estão relacionadas às características químicas que conferem sabor, aroma e cor, e que afetam a produção e qualidade final do tomate (WHITE, 2002).

Estudos atuais destinados a quantificar a qualidade e produtividade do tomateiro, relacionam estas características às condições edafoclimáticas da cultura (MUELLER et al., 2013; KITTAS et al., 2015), a arquitetura da planta (HEINE et al., 2015; TAKAHASHI; CARDOSO, 2015; VIVIAN et al., 2015), as atividades de pós-colheita (PEREIRA et al., 2013), aos métodos de propagação (TEIXEIRA, 2014;

JAVANMARDI; MORADIANI, 2016) e a polinização por abelhas em ambiente protegido (PRESSMAN et al., 1999; SILVA et al., 2010; DE; VALLEJO-MARIN, 2013; SANTOS et al., 2014). Entretanto, poucos trabalhos versam sobre a influência da polinização mecânica em cultivos realizados à pleno sol, como prática complementar determinante na qualidade e rendimento da produção de tomate, explicada sob contextos morfológicos e fisiológicos durante cada fase de desenvolvimento do fruto e em diferentes condições ambientais.

A importância de se estudar os efeitos da polinização mecânica sobre o desenvolvimento dos frutos implica na obtenção de informações preliminares no momento de aplicar os conhecimentos fitotécnicos, tendo como padrão ou ponto de referência os estágios de desenvolvimento após a antese. O objetivo desta proposta, baseia-se avaliar o efeito da polinização mecânica na produção e qualidade dos frutos de tomate de três híbridos comerciais cultivados no campo e em diferentes épocas de plantio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do Tomateiro

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma espécie da família das solanáceas, originária da região ocidental da América do Sul; ocupa uma ampla gama de condições ambientais como regiões áridas, úmidas e montanhosas, de altitudes superiores aos 3.300 m ao nível do mar (DE CÁSSIA PEREIRA-CARVALHO et al., 2014).

É uma planta autógama, com flores regulares, hipógina, com número de flores que varia de 6 a 15 dependendo da variedade, hermafroditas, em forma de rácimo. Os frutos são bagas carnosas e suculentas e podem ser bi ou pluriloculares (dependendo da composição do ovário) (FONTES; SILVA, 2002). O fruto é climatérico e desenvolve-se a partir de um ovário de 5 a 10 mg, atingindo massa final de 5 a 500 gramas quando maduro, de acordo com a variedade (ALVARENGA, 2013).

Os principais grupos de tomateiro posicionados no mercado brasileiro são o Salada, Italiano, Santa Cruz e Cereja com participação de 52,2 %, 25,1 %, 21,9 % e 0,8 % respectivamente (PEREIRA-CARVALHO et al., 2014). A cultura representa

importante papel na economia nacional, ao movimentar anualmente aproximadamente R\$ 4,2 bilhões e gerar mais de 650.000 empregos nos sistemas de produção (MELO, 2014).

2.2. Desenvolvimento do Fruto

A formação do fruto relaciona-se diretamente com o número de sementes, número de lóculos (ALVARENGA, 2013), número e volume das camadas de células do pericarpo que são dependentes do grau de divisão e expansão celular (ARIIZUMI et al., 2013).

O desenvolvimento do tomate tem início no momento em que o óvulo é fecundado e requer a coordenação entre o desenvolvimento das sementes e o crescimento e diferenciação do ovário. A fecundação produz mudanças drásticas no equilíbrio fitohormonal, que mediante eventos sincronizados ativam os processos e mecanismos que levam o fruto a desenvolver-se (DORCEY et al., 2009; OBROUCHEVA, 2014).

A partir de considerações histoquímicas e fisiológicas, GILLASPY et al. (1993), propôs o desenvolvimento do tomate em quatro fases durante um período de 40 a 70 dias.

A primeira fase é caracterizada por intensa atividade mitótica e começa com o desenvolvimento floral onde ocorre a formação completa do carpelo e termina quando a flor atinge a antese, durante esta fase as oosferas são fecundadas. A segunda fase é a mais lenta, o fruto atinge apenas 10 % do peso fresco final, sofrendo múltiplas divisões celulares durante 7 a 14 dias após a antese. A terceira fase é marcada pela expansão celular, ocorrendo de 3 a 5 semanas até que o fruto atinja seu tamanho normal. Na quarta fase o fruto passa por mudanças de ordem física e química, conferindo-lhe textura, cor e sabor característicos.

A temperatura é um dos fatores ambientais que maior efeito tem sobre o desenvolvimento do fruto, incidindo sobre os processos de divisão e expansão celular correspondentes as fases dois e três, respectivamente. Frutos que se desenvolvem sob elevadas temperaturas apresentam taxas de crescimento maiores em comparação à frutos desenvolvidos sob baixas temperaturas (BERTIN, 2005; OKELLO et al., 2015). Segundo BERTIN (2005), frutos desenvolvidos à 25 °C tiveram menor número de células mas com maior tamanho como consequência de uma fase de divisão celular

mais curta, em comparação com frutos que se desenvolveram a 20 °C, os quais apresentaram maior número de células com tamanho reduzido devido ao período de divisão celular longo; neste estudo a temperatura não afetou o tamanho dos frutos devido a uma compensação entre o número e o tamanho das células nas fases de divisão e expansão celular respectivamente.

O desenvolvimento do fruto pode ser explicado a partir de sua anatomia nas diferentes fases, dando ampla abordagem holística sobre os eventos hormonais e fisiológicos que acontecem. As curvas de crescimento dos vegetais pode ser uma forma de elucidar esses eventos, e seu comportamento se ajusta de acordo as condições do ecossistema (POSADA et al., 2007).

2.3. Polinização

O rendimento dos cultivos depende de processos morfofisiológicos e bioquímicos em função do ambiente (RANČIĆ et al., 2010). A polinização é um serviço ambiental determinante para produção dos frutos na maioria das angiospermas, pois o início da frutificação é dependente do sucesso conjunto entre este processo e a fertilização das oosferas (ARIIZUMI et al., 2013). Um processo deficiente de polinização ocasiona perdas na produção, com formação de frutos pequenos e defeituosos (HIGUTI et al., 2010). Para MORANDIN et al. (2001), a quantidade de pólen transferido para o estigma determina o tamanho do tomate, consequência de maior fertilização das oosferas e formação de sementes que vão promover a produção de hormônios implicados nos processos de divisão, expansão e maturação dos frutos (SHINOZAKI et al., 2015).

A deiscência das anteras é passo indispensável que determina a polinização do tomateiro, onde os grãos de pólen são liberados após sua maturação (CARRIZO GARCÍA et al., 2008). As flores do tomate possuem anteras com deiscência poricida, sendo esta característica limitante para a liberação do pólen, pois a abertura da antera acontece na parte superior em único ponto (CARRIZO GARCÍA et al., 2008; SILVA et al., 2010; DE; VALLEJO-MARIN, 2013). Segundo SILVA et al. (2010), as flores do tomateiro requerem ser vibradas para facilitar a liberação do pólen pelos poros das anteras e posterior deposição sobre o estigma para que ocorra a fertilização da oosfera.

No tomateiro o principal agente polinizador são as abelhas do gênero *Bombus* (VELTHUIS, 2002; VERGARA; FONSECA-BUENDÍA, 2012) as quais induzem a

liberação do pólen a partir das vibrações (*buzz pollination*) feitas pelos movimentos torácicos do inseto quando estão nas anteras das flores (DE; VALLEJO-MARIN, 2013; GOULSON, 2010; SILVA et al., 2010). No entanto, uma alternativa complementar às abelhas seria utilizar mecanismos mecânicos que consigam substituir a função desempenhada pelos polinizadores naturais quando as condições ambientais são desfavoráveis (GOULSON, 2010). Entre as principais condições ambientais desfavoráveis encontra-se as baixas temperaturas e a alta humidade relativa (PRESSMAN et al., 1999).

2.4. Polinização mecânica

Entre os principais tipos de polinização mecânica utilizados no tomateiro, encontram-se: sopradores mecânicos por trator ou backpack (NAHIR et al., 1984), o balanceio manual dos fitilhos do tutoramento, o balanceio individual das plantas (HIGUTI et al., 2010) e a vibração elétrica das flores (CUÉLLAR et al., 2011; PRESSMAN et al., 2015).

O bom desempenho da polinização mecânica se fundamenta na eficiência das frequências vibratórias, onde com a aplicação desse método consegue-se liberar maior quantidade do pólen em comparação aos agentes naturais. HARDER; BARCLAY (1994) reportaram que a polinização mecânica consegue liberar 23,4 % do pólen numa só vibração com frequências entre 400 e 1.000 Hz, enquanto numa única visita as abelhas do gênero *Bombus* só liberaram 9,4 % do pólen com frequências inferiores a 400 Hz. Para PRESSMAN et al. (1999) a polinização mecânica pode ser igual ou superior aos insetos polinizadores quando as condições ambientais são desfavoráveis à ação desses insetos.

A polinização mecânica permite que os agricultores aumentem a produtividade e assegurem um maior lucro quando suas safras estiverem em risco por consequência de problemas fitossanitários, adversidades climáticas ou baixos preços no mercado. Essa prática se mostra vantajosa, uma vez que seu estabelecimento não implica alterações das habituais práticas culturais como espaçamento, tutoramento, sistemas de irrigação, entre outras atividades de manutenção da cultura, sendo possível a obtenção de benefícios imediatamente após sua implementação. Ademais, a utilização de métodos mecânicos de polinização não resulta em impactos negativos para o agroecossistema e favorece a sustentabilidade do tomateiro.

A maioria dos estudos que versam sobre os sistemas de polinização mecânica no tomateiro, são desenvolvidos em condições de cultivo em ambiente protegido, uma vez que, a falta de correntes de ar e a pouca incidência de insetos polinizadores nestes locais, proporcionam um ambiente pouco propício que dificulta a polinização das flores (HARDER; BARCLAY, 1994; ALDANA et al., 2007; HARDER; HIGUTI et al., 2010; CUÉLLAR et al., 2011; SANTOS, 2014). Nesse contexto, seria necessário realizar estudos que verifiquem o comportamento da polinização mecânica em condições de campo, a fim de elucidar os efeitos e contribuições agrônomicas para o aumento da produtividade.

3. REFERÊNCIAS

ALDANA, J.; CURE, J. R.; ALMANZA, M. T.; VECIL, D.; RODRÍGUEZ, D. Efecto de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. **Agronomía colombiana**, v. 25, n. 1, p. 62-72, 2007.

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. Rev2. **Lavras: Editora Universitária de Lavras**, p. 19, 2013.

ARIIZUMI, T.; SHINOZAKI, Y.; EZURA, H. Genes that influence yield in tomato. **Breeding Science**, v. 63, n. 1, p. 3-13, 2013.

BERTIN, N. Analysis of the tomato fruit growth response to temperature and plant fruit load in relation to cell division, cell expansion and DNA endoreduplication. **Annals of Botany**, v. 95, n. 3, p. 439-447, 2005.

CARRIZO GARCIA, C.; MATESEVACH, M.; E BARBOZA, G. Features related to anther opening in *Solanum* species (Solanaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 158, n. 2, p. 344-354, 2008.

CUÉLLAR, J; COOMAN, A; ARJONA, H. Incremento de la productividad del cultivo de tomate bajo invernadero mejorando la polinización. **Agronomía Colombiana**, v.

18, n. 1-3, p. 39-45, 2001.

DE CÁSSIA PEREIRA-CARVALHO, R.; TOBAR, L. L. M.; DE CAMPOS DIANESE, E.; DE NORONHA FONSECA, M. E.; BOITEUX, L. S.L. Melhoramento genético do tomateiro para resistência a doenças de etiologia viral: avanços e perspectivas. **RAPP**, v. 22, p. 280-361, 2014.

DE LUCA, P. A.; VALLEJO-MARIN, M. What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, n. 4, p. 429-435, 2013.

DORCEY, E.; URBEZ, C.; BLÁZQUEZ, M. A.; CARBONELL, J.; PEREZ-AMADOR, M. A. Fertilization-dependent auxin response in ovules triggers fruit development through the modulation of gibberellin metabolism in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v. 58, n. 2, p. 318-332, 2009.

FAO. **Biodiversity group: Pollinators**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/biodiversity/components/pollinators/en/>>. Acesso em julho 2016.

FONTES, P.; SILVA, D. D. Doenças e pragas: é seguro comer tomate. **Produção de Tomate de Mesa. Viçosa: Aprenda Fácil**, p. 97-129, 2002.

GILLASPY, G.; BEN-DAVID, H.; GRUISSEM, W. Fruits: a developmental perspective. **The Plant Cell**, v. 5, n. 10, p. 1439, 1993.

GOULSON, D. Bumblebees: behaviour, ecology and conservation 2 ed. **Oxford University Press**, 2010.

HARDER, L. D.; BARCLAY, R. M. R. The functional significance of poricidal anthers and buzz pollination: controlled pollen removal from Dodecatheon. **Functional Ecology**, p. 509-517, 1994.

HEINE, A. J. M.; MORAES, M. O. B.; PORTO, J. S.; SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; SANTOS, B. S. R. Número de haste e espaçamento na produção e qualidade do tomate. **Scientia Plena**, v. 11, n. 9, 2015.

HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; SALATA, A. D. C.; CARDOSO, A. I. I. Tomato production in function of plant" vibration". **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 87-92, 2010.

JAVANMARDI, J.; MORADIANI, M. Tomato Transplant Production Method Affects Plant Development and Field Performance. **International Journal of Vegetable Science**, p. 1-11, 2016.

KITTAS C.; KATSOULAS N.; RIGAKIS V.; BARTZANAS T.; KITTA E. Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 87, n. 1, p. 7-12, 2012.

MELO, PAULO CT. Avanços recentes na tomaticultura de mesa associadas a mudanças no paradigma tecnológico e desafios a superar. **5º Seminário Nacional de Tomate de Mesa (5º SNTM)**. Disponível em <<http://www.tomatedemesa.com.br/2014/noticia01.html>>. UNIMEP, Piracicaba-SP, 2014.

MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 86-92, 2013.

MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G. Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, n. 1, p. 172-179, 2001.

NAHIR, D.; GAN-MOR, S.; RYLSKI, I.; FRANKEL, H. Pollination of Tomato Flowers by a Pulsating Air Jet. **Transactions of the ASAE**, v. 27, n. 3, p. 894–896, 1984.

OBROUCHEVA, N. V. Hormonal regulation during plant fruit development. **Russian Journal of Developmental Biology**, v. 45, n. 1, p. 11–21, 2014.

OKELLO, R. C.; DE VISSER, P. H.; HEUVELINK, E.; LAMMERS, M.; DE MAAGD, R. A.; STRUIK, P. C.; MARCELIS, L. F. A multilevel analysis of fruit growth of two tomato cultivars in response to fruit temperature. **Physiologia Plantarum**, v. 153, n. 3, p. 403-418, 2015.

PEREIRA RAMOS, A. R.; ESTEVES AMARO, A. C.; MACEDO, A. C.; ASSIS SUGAWARA, G. S. D.; EVANGELISTA, R. M.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Qualidade de frutos de tomate ‘giuliana’ tratados com produtos de efeitos fisiológicos. **Seminário: Ciências Agrárias**, p. 3543-3552, 2013.

POSADA, F. C.; CARDOZO, M. C.; HERNÁNDEZ, J. C. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. **Agronomía colombiana**, v. 25, n. 2, p. 299-305, 2007.

PRESSMAN, E.; SHAKED, R.; ROSENFELD, K.; HEFETZ, A. A comparative study of the efficiency of bumble bees and an electric bee in pollinating unheated greenhouse tomatoes. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 74, n. 1, p. 101–104, 1999.

RANČIĆ, D.; QUARRIE, S. P.; PEĆINAR, I. Anatomy of tomato fruit and fruit pedicel during fruit development. **Microscopy: Science, Technology, Applications and Education**, Méndez-Vilas A, Díaz J (Eds), Formatex, Badajoz, Spain, p. 851-861, 2010.

SANTOS, A. O. R.; BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Potential pollinators of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in open crops and the effect of a solitary bee in fruit set and quality. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 3, p. 987-994, 2014.

SHINOZAKI, Y.; HAO, S.; KOJIMA, M.; SAKAKIBARA, H.; OZEKI-IIDA, Y.; ZHENG, Y.; OKABE, Y. Ethylene suppresses tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit

set through modification of gibberellin metabolism. **The Plant Journal**, v. 83, n. 2, p. 237-251, 2015.

SILVA, P. N.; HRNCIR, M.; FONSECA, V. L. I. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 140-151, 2010.

TAKAHASHI, K.; CARDOSO, A. I. Produção e qualidade de mini tomate em sistema orgânico com dois tipos de condução de hastes e poda apical. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 515–520, 2015.

TEIXEIRA, J. M. D. S. 2014, 61f. Avaliação do sistema de condução de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) enxertado em cultura protegida na produtividade e qualidade dos frutos. Dissertação mestrado em Agricultura Biológica - **Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo**. 2014.

TOHGE, T.; FERNIE, A. R. Metabolomics-Inspired Insight into Developmental, Environmental and Genetic Aspects of Tomato Fruit Chemical Composition and Quality. **Plant & cell physiology**, v. 56, n. 9, p. 1681–96, set. 2015.

VELTHUIS, H. H. The historical background of the domestication of the bumble-bee, *Bombus terrestris*, and its introduction in agriculture. Pollinating Bees-The conservation link between agriculture and nature. **Ministry of Environment**, São Paulo, Brasil, p. 177-184, 2002.

VERGARA, C. H.; FONSECA-BUENDÍA, P. Pollination of greenhouse tomatoes by the Mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Pollination Ecology**, v.7, p. 27–307, 2012.

VIVIAN, R.; ROCHA, A.; GALVÃO, H. L.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. Densidade de plantio e número de folhas influenciando a produtividade e qualidade de frutos do tomateiro cultivados com um cacho, em sistema hidropônico. **Ceres**, v. 55, n. 6, 584-589, 2015.

WHITE, P. J. Recent advances in fruit development and ripening: an

overview. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 377, p. 1995-2000, 2002.

4. CAPITULO I:

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE TOMATES ORIUNDOS DA POLINIZAÇÃO NATURAL E MECÂNICA

RESUMO

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE TOMATES ORIUNDOS DA POLINIZAÇÃO NATURAL E MECÂNICA

A polinização mecânica é uma prática usada para aumentar a produtividade e qualidade nutricional de frutos do tomateiro, porém ainda carece de informações que sustentem sua viabilidade agrônômica nos sistemas de produção. Nesse sentido, o objetivo desta proposta, é estudar os efeitos da polinização mecânica na produção e qualidade de tomates de três grupos varietais comerciais destinados ao consumo *in natura* em duas épocas de plantio. O experimento foi conduzido em campo, na Unidade de Pesquisa e Extensão de Hortaliças do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 (épocas de plantio) x 2 (polinização natural e polinização mecânica). Os ensaios foram realizados em outono/inverno e verão/outono para cada grupo avaliando-os separadamente. Foram avaliadas variáveis referentes a: produtividade, qualidade, massa seca de sementes e número de sementes. Se observou aumento na produtividade com o uso da polinização mecânica em ambas épocas de plantio para os grupos varietais Salada e Italiano, enquanto no grupo Santa Cruz apenas verificou-se esse aumento na época de outono/inverno. A polinização mecânica só aumentou o número de sementes no grupo Salada. Independentemente da época de plantio para os grupos varietais Salada e Italiano, a polinização mecânica atua eficientemente aumentando a produção sem alterar a qualidade do tomate.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, produtividade e sustentabilidade

ABSTRACT

PRODUCTION, QUALITY AND DEVELOPMENT OF TOMATO FRUITS COMING FROM NATURAL AND MECHANICAL POLLINATION

Mechanical pollination is a practice used to increase productivity and nutritional quality of fruits of tomato plants, but still lacks information to support their agronomic viability in production systems. In this sense, the objective of this proposal is to study the effects of mechanical pollination on yield and quality of tomatoes three commercial varieties groups intended for fresh consumption in two planting seasons. The experiment was conducted in the field, the Research Unit and Crop Science Department of Horticultural Extension of the Universidade Federal de Viçosa. The experimental design was in casualised blocks in factorial scheme 2 (planting dates) x 2 (natural pollination and mechanical pollination). The tests were carried out in autumn / winter and summer / fall for each group evaluating them separately. Variables were evaluated regarding: productivity, quality, dry seed weight and number of seeds. If you notice an increase in productivity with the use of mechanical pollination in both planting dates for groups Salada and Italiano, while in Santa Cruz group only there was this increase during the autumn/winter. Mechanical pollination only increase the number of seeds in the group Salada. Regardless of the planting season for the groups Salada and Italiano, mechanical pollination operates efficiently increasing production without changing the quality of the tomatoes.

Keywords: *Solanum lycopersicum* , productivity and sustainability.

4.1 INTRODUÇÃO

O tomateiro é reconhecido como planta modelo para o estudo de frutos carnosos (TOHGE; FERNIE, 2015). Esta espécie possui frutos climatéricos que se desenvolvem a partir de um ovário de 5 a 10 mg, atingindo massa fresca final de 5 a 500 g quando maduro, conforme a variedade (ALVARENGA, 2013).

Entre os principais grupos varietais de tomateiro posicionados no mercado brasileiro encontram-se o Salada, Italiano, Santa Cruz e Cereja com uma participação do 52,2 %, 25,1 %, 21,9 % e 0,8 % respectivamente (PEREIRA-CARVALHO et al., 2014). A cultura representa importante papel na economia nacional, ao movimentar anualmente aproximadamente R\$ 4,2 bilhões e gerar mais de 650.000 empregos nos sistemas de produção (MELO, 2014).

O rendimento do tomateiro é determinado pela eficiência na produção e formação final do fruto (ARIIZUMI et al., 2013) e relaciona-se diretamente com o número de sementes, número de lóculos (ALVARENGA, 2013) e número e volume das camadas das células do pericarpo que são dependentes do grau de divisão e expansão celular (ARIIZUMI et al., 2013). Estes eventos são consequência de processos moleculares e fisiológicos regulados por hormônios (GILLASPY et al., 1993) os quais atuam como moduladores que sincronizam o ciclo celular; sendo as auxinas, giberelina, citocinina, ácido abscísico e etileno os de maior relevância (SRIVASTAVA; HANDA, 2005).

Diferentes fatores como cultivar, temperatura, luminosidade, humidade relativa, nutrição e os efeitos de reguladores de crescimento favorecem o desenvolvimento da flor e contribuem para a formação e qualidade dos frutos (ALVARENGA, 2013).

Por outro lado, a polinização é um serviço ambiental que influencia diretamente no desenvolvimento do fruto, favorecendo sua formação, qualidade e produtividade, pois o início da frutificação é dependente do sucesso conjunto entre a polinização e a fertilização dos óvulos (ARIIZUMI et al., 2013; GILLASPY et al., 1993).

São poucos os trabalhos que versam sobre os efeitos da polinização sobre as propriedades físico-químicas do fruto. Para as flores da maioria das solanáceas este é um processo vital devido à morfologia de suas anteras quando estão próximas a liberar o pólen (CARRIZO GARCÍA et al., 2008; SILVA et al., 2010). No tomate a

deiscência (poricida) das anteras é um fator limitante no processo de polinização, uma vez que a abertura e disposição do estômio (ponto onde se produz a deiscência), se dá através de poros apicais e num único ponto, represando os grãos de pólen e dificultando a liberação dos mesmos (CARRIZO GARCÍA et al., 2008). Segundo SILVA et al. (2010), as flores do tomate requerem ser vibradas para facilitar a liberação do pólen pelos poros das anteras e permitir a deposição dos grãos sobre o estigma. CARDOSO (2007), argumenta que este processo sob condições de cultivo em ambiente protegido aumenta o pegamento, diâmetro e qualidade de frutos.

No tomate o principal agente polinizador são as abelhas do gênero *Bombus* (VELTHUIS, 2002; VERGARA; FONSECA-BUENDÍA, 2012) as quais induzem a liberação do pólen por meio de vibrações (*buzz pollination*) feitas pelos movimentos torácicos do inseto quando estão nas anteras das flores (DE; VALLEJO-MARIN, 2013; GOULSON, 2010; SILVA et al., 2010).

Frequências vibratórias dos insetos reduzidas (inferior a 400Hz) (HARDER; BARCLAY, 1994; GOULSON, 2010) e condições ambientais desfavoráveis relacionadas à alta humidade relativa e baixas temperaturas (PRESSMAN et al., 1999; VANBERGEN; BAUDE, 2013) dificultam o processo de polinização natural. Uma alternativa complementar à função exercidas pelos insetos e o vento, é utilizar vibradores mecânicos que otimizem a função desempenhada pelos polinizadores naturais, pois estes mecanismos possuem a capacidade de efetuar maiores vibrações (superiores aos 400 Hz) de uma maneira constante e seletiva, facilitando a liberação e pegamento do pólen (HARDER; BARCLAY, 1994; GOULSON, 2010).

Diferentes métodos antrópicos que permitem potencializar o processo de polinização, entre eles encontram-se: sopradores (mecânico ou backpack) (NAHIR et al., 1984), balanço manual dos fitilhos, balanceio do tutor das plantas (HIGUTI et al., 2010) e vibração por escova de dentes eléctrica (CUÉLLAR et al., 2011; PRESSMAN et al., 1999).

São vários os trabalhos que versam sobre os efeitos da polinização na produção do tomateiro em ambientes protegidos, porém, com limitada informação sobre as possíveis alterações na qualidade e produtividade do fruto sob outra condição, ou seja, cultivo do tomateiro a pleno sol (ALDANA et al., 2007; HIGUTI et al., 2010; SANTOS, 2014);. Por esse motivo o objetivo de nossa proposta baseia-se em fazer um estudo comparativo da produção e qualidade de frutos de tomates oriundos da polinização natural e mecânica em nível de campo e compreender seus efeitos em

diferentes épocas de plantio.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados ensaios no outono/inverno e verão/outono com o intuito de verificar os efeitos da polinização mecânica na produção e qualidade do tomate dos grupos Santa Cruz, Salada e Italiano avaliando-os separadamente. Os ensaios foram conduzidos na Horta de Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, Minas Gerais, em área de 384 m². Durante a fase de floração no cultivo de outono/inverno registrou-se temperatura média de 18 °C e umidade relativa média de 83 %, enquanto no verão/outono foi de 23° C e 78 % repectivamente.

O delineamento experimental para os ensaios foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por meio da combinação de duas épocas de plantio: outono/inverno, verão/outono; e dois tipos de polinização: natural e mecânica. A parcelas experimentais foram constituídas por dez plantas sendo três plantas úteis. Os ensaios para cada grupo foram realizados nos períodos de abril a setembro do 2015 (outono/inverno), e de dezembro do 2015 a maio do 2016 (verão/outono).

Os grupos varietais foram representados por três híbrido comerciais: Pegasus (Santa Cruz), Dominador (Salada) e Pioneiro (Italiano).

A polinização natural aconteceu por meio do processo de autopolinização sem qualquer restrição em relação à livre visitação dos agentes polinizadores.

A polinização mecânica foi realizada diariamente entre 9 - 10 horas da manhã com o auxílio de uma escova de dente elétrica para vibração das flores.

As plantas foram transplantadas para o campo, tutoradas no Sistema Vertical com fitilho e espaçadas de 0,6 m entre plantas por 1,0 m entre sulco. Os tratos culturais foram realizados mediante a necessidade e segundo recomendações específicas para o tomateiro sob sistema de fertirrigação (ALVARENGA, 2013). As recomendações de adubação para a cultura, foram feitas segundo interpretação da análise de solo com base na 5ª aproximação (RIBEIRO et al., 1999).

Foram avaliados componentes de produtividade referentes à quantidade de frutos por planta e produtividade. Os frutos foram classificados conforme seu calibre, número e massa de frutos grandes (NFG e MFG), médios (NFM e MFM) e pequenos (NFP e MFP) segundo normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (2002), bem como por meiodiâmetro transversal do fruto segundo o formato: oblongo para Salada e redondo para Santa Cruz e italiano. Frutos oblongos apresentam calibres pequenos (50-65 mm), médios (65-80 mm), grandes (80-100 mm) e gigantes (>100mm); enquanto frutos redondos se classificam como pequenos (40-50 mm), médios (50-60 mm) e grandes (>60 mm).

Atributos de qualidade foram avaliados pela determinação das seguintes variáveis: sólidos solúveis (SST) expressos em °Brix, acidez titulável (AT) expressa em % de ácido cítrico, sabor, pH, firmeza (FR) e teor de licopeno (L).

O conteúdo de sólidos solúveis (SST), expresso em °Brix, foi medido na polpa dos frutos com um refratômetro HANNA HI 96801. A acidez total titulável (AT) foi determinada de acordo com metodologia do Instituto Adolfo Lutz e expressa em % de ácido cítrico. O sabor se estimou com a relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável. O pH, foi medido com um phmetro HANNA pH 20. A firmeza (FR) se avaliou com um penetrômetro Instrutherm DD-200 em 2 locais na região equatorial dos frutos e expressa em Newton. O teor de Licopeno (L) se determino no espectrofotômetro BEL PHOTONICS, SP1105 no comprimento de onda de 470 nm.

Foram obtidos o número de sementes viáveis por fruto (NSV) e a massa seca de 100 sementes (MSS) segundo regras para análises de sementes do MAPA (2009), com o auxílio de um BOD TE-391 para as análises do número de sementes viáveis a partir do teste de germinação e uma estufa TE394-2 para determinar a massa seca.

Os dados referentes as análises de sementes, qualidade e produtividade de frutos foram submetidos à análise de variância para cada época de plantio separadamente com o auxílio do software SISVAR (5.6).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Componentes de produção nos grupos Santa Cruz, Salada e Italiano.

Na Tabela 1, são apresentados os valores dos quadrados médios e coeficientes de variação para as variáveis relacionadas à produção de frutos para o grupo Santa Cruz. Contatou-se efeito significativo para em relação às épocas de plantio considerados, quando avaliados NFM, NFP, MFG, MFM, MFP e produtividade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das variáveis número de frutos grandes, médios e pequenos por planta (NFG, NFM, NFP); produção de frutos grandes, médios e pequenos por planta (MFG, MFM, MFP); número total de frutos por planta (NFT) e produtividade mensuradas no híbrido de tomateiro do grupo Santa Cruz na época de plantio de outono/inverno e verão/outono.

FV	GL	Quadrados médios							
		NFG	NFM	NFP	NFT	MFG	MFM	MFP	Produtividade
Bloco	3	14,82ns	4,58ns	3,58ns	18,27ns	1209,50ns	221,27ns	1898,66	78,70ns
Época	1	6,59ns	61,66*	80,95*	1,98ns	18846,48**	11539,59**	7695,23*	992,09*
Polinização	1	0,46ns	2,15ns	2,64ns	14,3ns	243,28ns	373,55ns	1343,40ns	8,68ns
Época*Polinização	1	51,58ns	6,08ns	0,39ns	105,72ns	68,76ns	81,04ns	672,75ns	774,64*
Resíduo	9	16,23	11,98	4,99	41,68	1774,08	169,64	926,81	148,84ns
CV		28,24	46,39	49,64	24,62	23,49	10,32	43,25	19,49

ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

No plantio de outono/inverno constatou-se aumento no NFM (Figura 1). Já para as variáveis NFP (Figura 2), MFG (Figura 3), MFM (Figura 4) e MFP (Figura 5) valores médios para NFM foram superiores quando o cultivo foi realizado na época correspondente ao plantio de verão/outono.

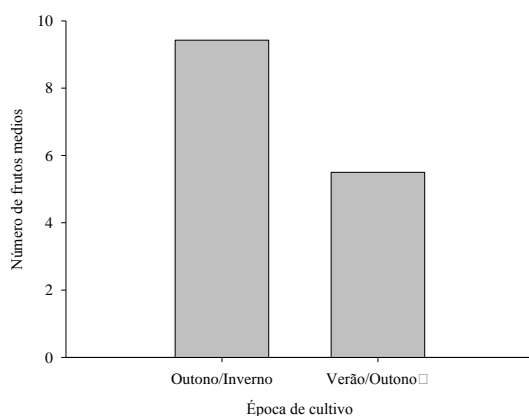


Figura 1. Número de frutos médios (NFM) avaliados no grupo Santa Cruz (SC) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

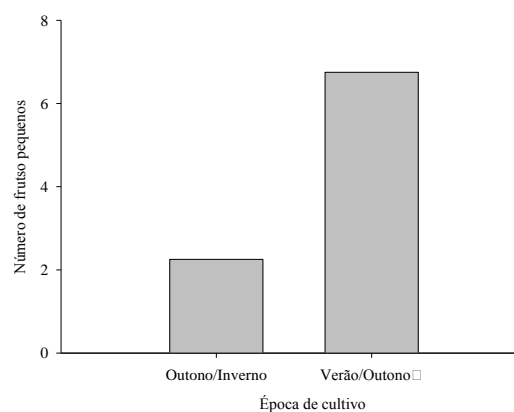


Figura 2. Número de frutos pequenos (NFP) avaliados no grupo Santa Cruz (SC) época de plantio outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

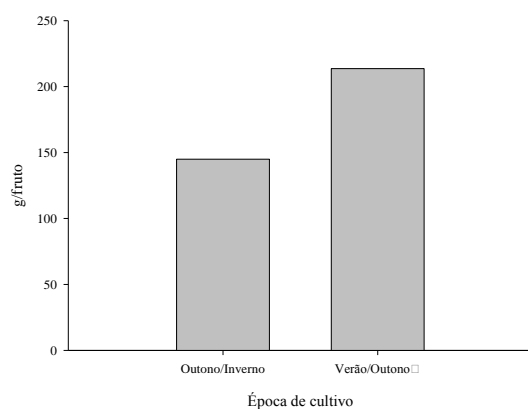


Figura 3. Massa de frutos grandes (MFG) avaliados no grupo Santa Cruz (SC) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

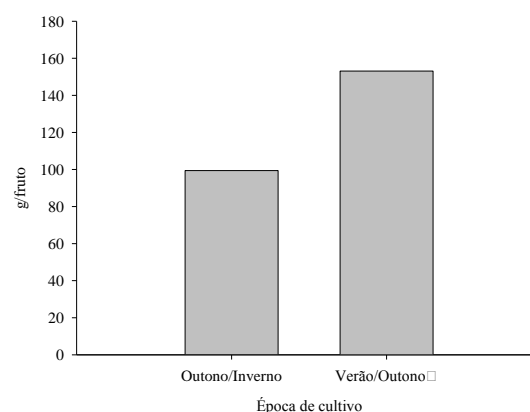


Figura 4. Massa de frutos médios (MFM) avaliados no grupo Santa Cruz (SC) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

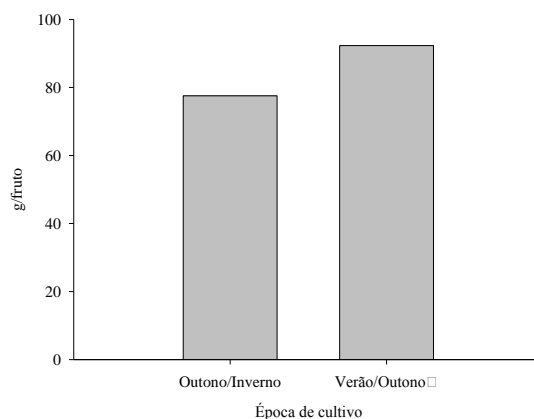


Figura 5. Massa de frutos pequenos (MFP) avaliados no grupo Santa Cruz (SC) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias referentes à interação épocas de plantio x polinização; o que sugere que a variação na produção para o grupo Santa Cruz depende da época do plantio e o tipo de polinização utilizado. A polinização mecânica só teve efeito positivo na época de outono/inverno. Esses resultados também sugerem que a produção no verão/outono é maior quando comparada no outono/inverno independentemente do tipo de polinização.

Os aumentos na produtividade, podem estar relacionados a maior vibração das flores do tomateiro, consequência do efeito da polinização mecânica no outono/inverno e a maior atividade de agentes polinizadores no verão/outono que levam aumentar a massa de frutos grandes (Figura 3), médios (Figura 4) e pequenos (Figura 5) nesta época de plantio.

Tabela 2. Produção avaliada no grupo Santa Cruz (SC) na interação época de plantio x polinização.

Época de plantio	Polinização	
	Natural	Mecânica
Outono/Inverno	47,44	56,44
Verão/Outono	76,94	64,08

Baixa temperatura e a alta umidade relativa presentes no outono/inverno dificultam as atividades dos insetos polinizadores e consequentemente os processos de polinização e fertilização da oosfera (DAŞGAN et al., 2004; PRESSMAN et al.,

1999); nesse sentido a polinização mecânica como prática complementar reduz este tipo de dificuldades com o aumento do número de pólen depositado no estigma da flor. HARDER; BARCLAY, (1994) reportaram que a polinização mecânica consegue liberar numa única visita 14 % do pólen a mais que o liberado pelas abelhas polinizadoras.

Na Tabela 3, encontram-se os valores dos quadrados médios e coeficientes de variação para as características relacionadas à produção de frutos, avaliadas no grupo Salada. Houve efeito significativo na época de plantio para a variável NFP, e na polinização para a variável produtividade.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis número de frutos grandes, médios e pequenos por planta (NFG, NFM, NFP); produção de frutos grandes, médios e pequenos por planta (MFG, MFM, MFP); número total de frutos por planta (NTF) e produtividade mensuradas no híbrido de tomateiro do grupo Salada na época de plantio de outono/inverno e verão/outono .

FV	GL	Quadrados médios							
		NFG	NFM	NFP	NTF	MFG	MFM	MFP	Produtividade
Bloco	3	32,92ns	5,87ns	16,8500ns	24,00ns	1071,20ns	1913,12ns	425,04ns	342,72ns
Época	1	14,1ns	0,0637ns	97,46*	34,45ns	34,45ns	1495,94ns	2150,17ns	259,37ns
Polinização	1	0,25ns	3,0537ns	65,00ns	86,67ns	86,67ns	4758,58ns	1046,84ns	864,06*
Época*Polinização	1	0,24ns	3,0712ns	43,06ns	28,19ns	28,19ns	4453,22ns	1512,43ns	344,47ns
Resíduo	9	15,69	5,34	17,94	19,39	19,39	1059,95	714,43	147,49
CV		57,10	34,55	38,84	17,95	15,58	19,98	27,58	20,24

ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Para a variável NFP (Figura 6) verificou-se o mesmo efeito que o grupo Santa Cruz (Figura 2), onde contatou-se maior número de frutos pequenos na época de plantio do verão/outono. Esse aumento pode ser devido ao maior pegamento dos frutos situados no terço superior. OLIVEIRA et al. (1995), afirma que frutos de menor calibre localizam-se após os primeiros 4 cachos (terço superior), e que esses frutos são responsáveis por aproximadamente o 12,6 % da produção total da planta

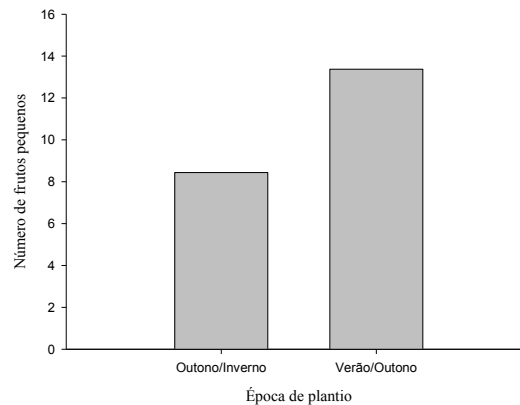


Figura 6. Número de frutos pequenos (NFP) avaliados no grupo Salada (S) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

A polinização mecânica no grupo Salada, aumentou a produtividade em 22% (Figura 7). O tomate Dominador utilizado neste ensaio, como híbrido do grupo Salada apresenta maior adensamento foliar (OTONI et al., 2015) quando comparado com aos demais híbridos, esta característica poderia criar barreiras que dificultem o acesso dos agentes polinizadores nas flores das plantas; por conseguinte independentemente da época de plantio a polinização mecânica incrementa a produtividade.

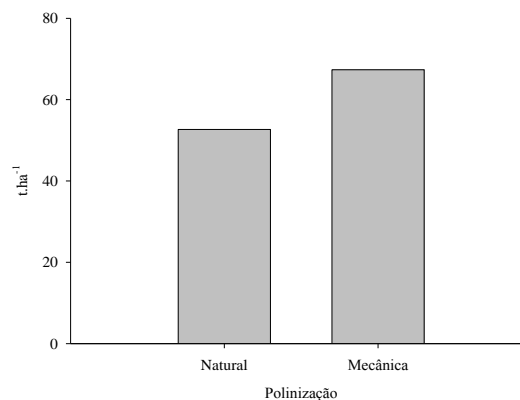


Figura 7. Produtividade (t.ha⁻¹) avaliada no grupo Salada (S) na polinização natural e mecânica segundo análise de variância.

Na Tabela 4, são apresentados os valores dos quadrados médios e coeficientes de variação para as características relacionadas à produção de frutos, avaliadas no grupo Italiano. Todas as variáveis exceto NFG e NFM, mostraram efeito significativo em relação à época de plantio, enquanto que para NFT, MFG e produtividade a significância foi verificada para o tipo de polinização. Para as variáveis NFP e MFP houve interação significativa.

Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis número de frutos grandes, médios e pequenos por planta (NFG, NFM, NFP); produção de frutos grandes, médios e pequenos por planta (MFG, MFM, MFP); número total de frutos por planta (NFT) e produtividade (t ha⁻¹) mensuradas no híbrido de tomateiro do grupo Italiano na época de plantio de outono/inverno e verão/outono.

FV	GL	Quadrados médios							
		NFG	NFM	NFP	NFT	MFG	MFM	MFP	Produtividade
Bloco	3	63,73ns	1,73ns	9,06ns	28,29ns	617,97ns	189,87ns	308,99ns	265,62ns
Época	1	8,83ns	49,80ns	181,30**	308,17*	7439,92**	3275,27**	3927,84*	2552,77**
Polinização	1	17,28ns	96,28ns	19,44ns	337,64*	982,82*	37,82ns	312,31ns	1495,36*
Época*Polinização	1	9,96ns	17,53ns	37,08*	50,76ns	127,23ns	257,76ns	2380,22*	0,97ns
Resíduo	9	18,10	28,00	6,50	41,30	175,00	85,10	381,30	145,70
CV		30,92	50,46	44,16	29,98	7,83	7,85	30,78	18,44

ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As variáveis NTF (Figura 8), MFG (Figura9), MFM (Figura 10) e produtividade (Figura 11), foram superiores na época de plantio do verão/outono. O acréscimo da produtividade pode ser considerado como consequência do aumento em massa e número de frutos, pois estudos demonstram que o número total de frutos (Figura 8 e 12) produzidos, tem relação com o índice de pegamento dos frutos na planta (VIVIAN et al., 2015).

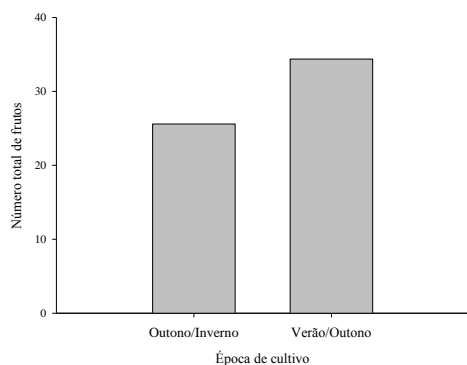


Figura 8. Número total de frutos (NTF) avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

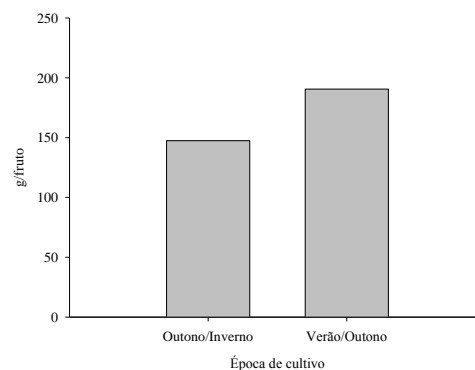


Figura 9. Massa de frutos grandes (MFG) avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

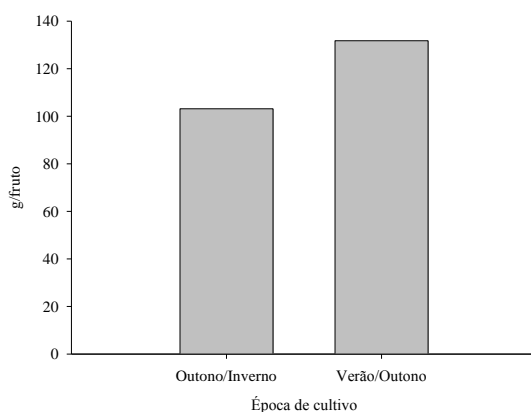


Figura 10. Massa de frutos médios (MF) avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

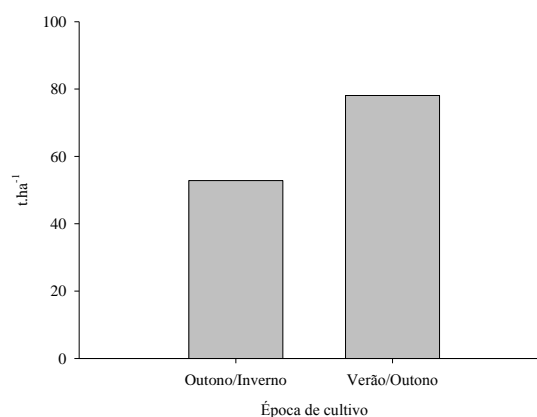


Figura 11. Produtividade (t.ha⁻¹) avaliada no grupo Italiano (I) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

A polinização mecânica no grupo Italiano, aumenta a produtividade (Figura 14) em 26 % quando comparado com a polinização natural independentemente da

época de plantio. NTF (Figura 12) e MFG (Figura 13) são variáveis que fazem com que a produtividade aumente com o uso da polinização mecânica (Figura 14).

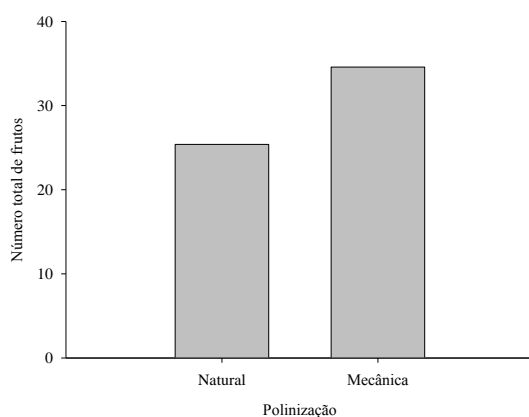


Figura 12. Número total de frutos (NTF) avaliada no grupo Italiano (I) na polinização natural e mecânica segundo análise de variância.

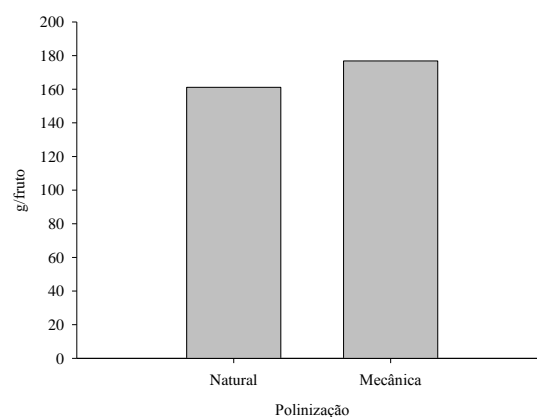


Figura 13. Massa de frutos grandes (MFG) avaliada no grupo Italiano (I) na polinização natural e mecânica segundo análise de variância.

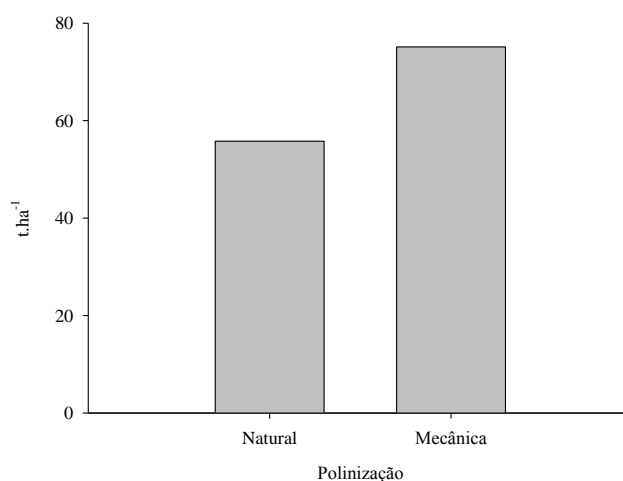


Figura 14. Produtividade (t.ha⁻¹) avaliada no grupo Italiano (I) na polinização natural e mecânica segundo análise de variância.

Na Tabela 5, encontram-se as médias da interação época x polinização para as variáveis NFP e MFP, as quais são dependentes da época do plantio junto com o tipo de polinização. A polinização mecânica apenas alterou positivamente o número de frutos pequenos no verão/outono, e teve pouca influência sobre o aumento na sua

massa durante as duas épocas de plantio. As análises também sugeriram que a massa e o número de frutos pequenos são superiores durante o plantio de verão/outono.

Tabela 5. Número e massa de frutos pequenos (NFP e MFP) avaliados no grupo Santa Cruz (SC) na interação época de plantio x polinização.

Época de plantio	Polinização			
	Natural		Mecânica	
	NFP	MFP	NFP	MFP
Outono/Inverno	2,25	62,29	1,69	62,50
Verão/Outono	6,00	90,00	11,50	71,65

Para VIVIAN *et al.* (2015), o número de frutos produzidos está diretamente relacionado ao índice de pegamento dos frutos na planta. Todavia, a maior produtividade para os grupos Santa Cruz e Italiano obtidos durante o plantio de verão/outono (Tabela 2 e Figura 11) pode ser proveniente do resultado do aumento da massa média dos frutos, bem como do aumento do número de frutos classificados como pequenos para o grupos Santa Cruz e o número total de frutos no grupo Italiano.

A polinização mecânica e a época de plantio do verão/outono favorecem a produtividade, uma vez que a polinização mecânica facilita a liberação do pólen das anteras, e que na época de verão/outono tem maior atividade de insetos polinizadores consequência das condições ambientais favoráveis referentes à temperatura (23 °C) e umidade relativa média (78 %) durante a floração.

HIGUTI *et al.* (2010), estudando a eficiência da polinização, também encontraram maior produção de frutos oriundos da polinização mecânica, como consequência de maior fixação de frutos. Por sua parte, CUÉLLAR *et al.* (2011), com o uso da vibração elétrica nas flores do tomateiro, aumento a produtividade/planta em 34 %. Esses resultados apresentaram similaridade com nossos resultados; onde a produtividade aumentou em 22 % e 26 % para os grupos Salada e italiano respectivamente independentemente da época, e 16 % para o grupo Santa Cruz na época de outono/inverno.

Atributos de qualidade nos grupos varietais Santa Cruz, Salada e Italiano.

O resumo da análise de variância referente as variáveis de qualidade de fruto para o grupo Santa Cruz, encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6. Resumo da análise de variância das variáveis sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), sabor, pH, firmeza (FR) e licopeno (L) mensuradas em híbridos de tomateiro do grupo Santa Cruz na época de plantio de outono/inverno e verão/outono.

FV	GL	Quadrados médios					
		SST	AT	Sabor	pH	L	FR
Bloco	3	0,06ns	0,00ns	1,42ns	0,02**	84,13ns	4,04ns
Época	1	0,25ns	0,04ns	11,42ns	0,06**	666,93ns	5,68ns
Polinização	1	0,00ns	0,00ns	0,33ns	0,0*	76,47ns	1,29ns
Época*Polinização	1	0,01ns	0,00ns	0,00ns	0,01ns	229,06ns	30,14ns
Resíduo	9	0,24	0,00	6,19	0,00	224,25ns	7,37
CV		11,58	20,12	26,15	1,26	41,23	26,86

ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Evidencia-se efeito significativo no bloco, época de plantio (Figura 15) e o tipo de polinização (Figura 16) para a variável pH, o que indica que condições ambientais podem ter influenciado os resultados. Porém, os valores médios para os diferentes grupos e os sistemas de polinização, encontram-se dentro da faixa ideal (4,2-4,7) segundo tabela da composição nutricional do tomate (ALVARENGA, 2013).

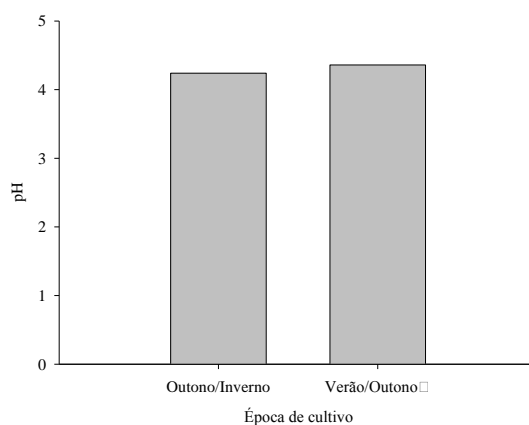


Figura 15. pH de frutos avaliados no grupo Santa cruz (SC) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

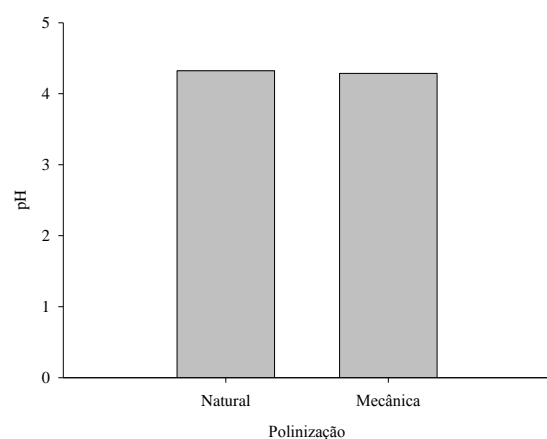


Figura 16. pH de frutos avaliados no grupo Santa cruz (SC) no sistema de polinização natural e mecânica segundo análise de variância.

Na Tabela 7 apresenta-se o resumo da análise de variância referente aos dados de qualidade de fruto no grupo Salada. A época de plantio influenciou as variáveis AT,

sabor e teor de licopeno.

Tabela 7. Resumo da análise de variância das variáveis sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), sabor, pH, firmeza (FR) e licopeno (L) mensuradas no híbrido de tomateiro do grupo Salada na época de plantio de Outono/inverno e Verão/outono.

FV	GL	Quadrados médios					
		SST	AT	Sabor	pH	L	FR
Bloco	3	0,19ns	0,00ns	1,015ns	0,03ns	36,22ns	23,21ns
Época	1	0,03ns	0,03**	20,02**	0,03ns	868,42**	9,14ns
Polinização	1	0,03ns	0,00ns	0,59ns	0,00ns	296,76ns	27,24ns
Época*Polinização	1	0,00ns	0,00ns	1,23ns	0,01ns	215,86ns	16,60ns
Residuo	9	0,05	0,00	2,40	0,01	104,98	15,22
CV		5,97	12,66	14,70	2,74	31,040	25,20

ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Nas Figuras 17, 18 e 19, encontram-se os valores médios da AT, sabor e teor de licopeno respectivamente nas diferentes épocas de plantio. Mesmo apresentando dissimilaridade entre os valores, a AT se ajusta segundo as recomendações para o tomateiro. Para CANTWELL (2004), os frutos devem ter valores entre 0,2 – 0,6 % de ácido cítrico.

Para as variáveis sabor (Figura 18) e teor de licopeno (Figura 19) na época de outono/inverno e verão/outono respectivamente, apresentam valores inferiores conforme as médias estabelecidas para o tomate. Para MENCARELLI JR.; SALVEIT, (1988) o tomate pode ser considerado saboroso quando o sabor é superior a 10. ALVARENGA (2012), argumenta que frutos comerciais de tomate devem ter em média 30mg/kg de licopeno.

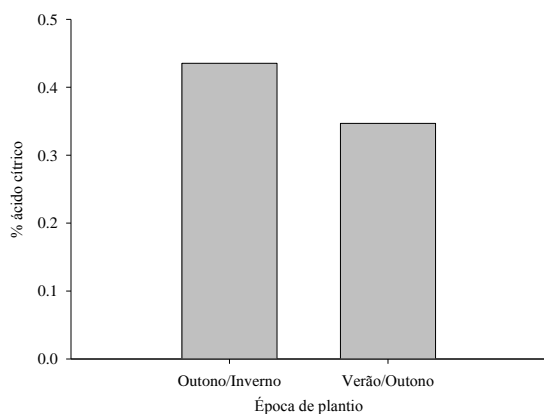


Figura 17. AT (% ácido cítrico) de frutos avaliados no grupo Salada (S) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

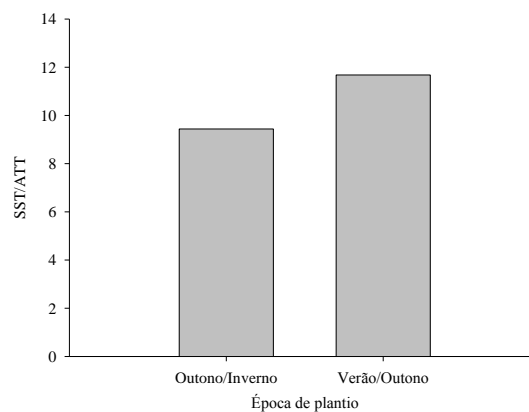


Figura 18. Sabor (SST/AT) de frutos avaliados grupo Salada (S) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

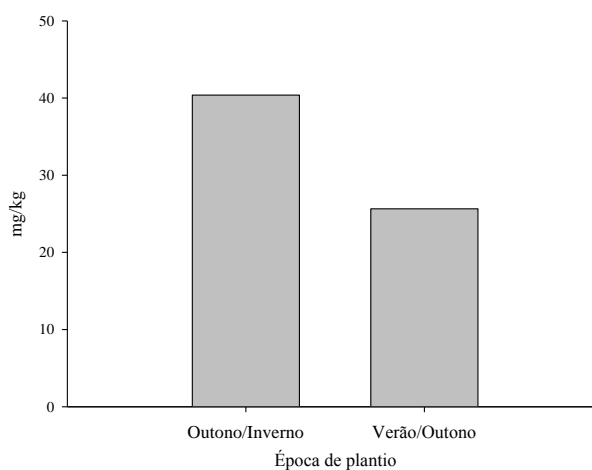


Figura 19. Teor de Licopeno (mg/Kg) de frutos avaliados no grupo Salada (S) na época de plantio de outono/inverno e verão/outono segundo análise de variância.

Na Tabela 8, apresenta-se o resumo da análise de variância referente aos dados de qualidade de fruto no grupo Italiano. A época de plantio influenciou as variáveis SST, AT, pH, L e FR.

Tabela 8. Resumo da análise de variância das variáveis sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), sabor, pH, firmeza (FR) e licopeno (L) mensuradas nos híbridos de tomateiro do grupo Italiano na época de plantio de Outono/inverno e Verão/outono.

FV	GL	Quadrados médios					
		SST	AT	Sabor	pH	L	FR
Bloco	3	0,23ns	0,00ns	2,61ns	0,01ns	134,97ns	22,68ns
Época	1	1,50*	0,03*	12,29ns	0,05*	608,34*	122,78*
Polinização	1	0,18ns	0,00ns	2,42ns	0,02ns	323,86ns	1,33ns
Época*Polinização	1	0,14ns	0,00ns	4,29ns	0,00ns	328,77ns	3,75ns
Resíduo	9	0,22	0,00	4,58	0,01	70,03	15,07
CV		10,05	14,71	15,75	2,46	30,86	38,35

ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As Figuras 20, 21, 22, 23 e 24 representam os comportamentos das variáveis com efeito na época de plantio, onde em todas, exceto o pH (Figura 22), apresentaram valores superiores médio no outono/inverno. SST (Figura 20), AT (Figura 21) e pH (Figura 22), encontram-se dentro da faixa recomendada para o tomateiro independentemente da época. CANTWELL (2004), assegura que os SST e a AT devem estar entre os 3,5 – 7 °Brix e 0,2 – 0,6 % de ácido cítrico. ARANA et al., (2007) considera que os valores do pH para tomates maduros deveriam estar entre 4-5.

Por sua vez, o teor de licopeno (Figura 24) e a firmeza de frutos (Figura 23) na época de verão/outono, se encontra abaixo da média proposta para o tomate, que é superior a 30mg/Kg para o teor de licopeno (ALVARENGA, 2012), e de 10 a 15 Newton (N) para a firmeza do fruto (CANTWELL, 2004).

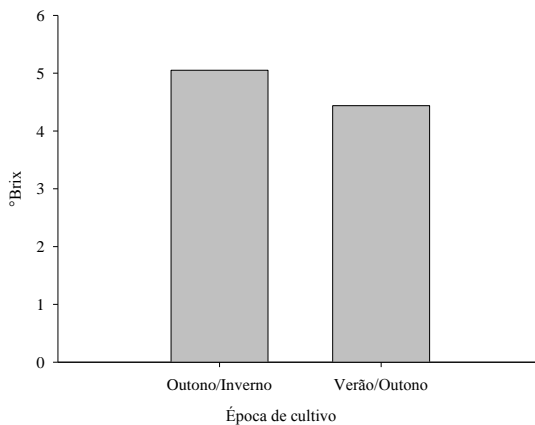


Figura 20. SST (°Brix) de frutos avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de Outono/inverno e Verão/Outono segundo análise de variância.

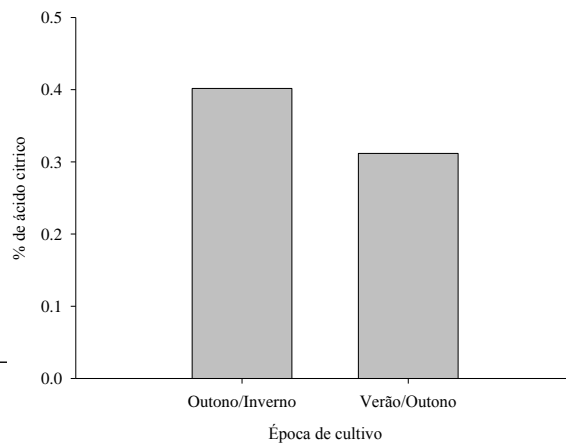


Figura 21. AT (% ácido cítrico) de frutos avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de Outono/inverno e Verão/Outono segundo análise de variância.

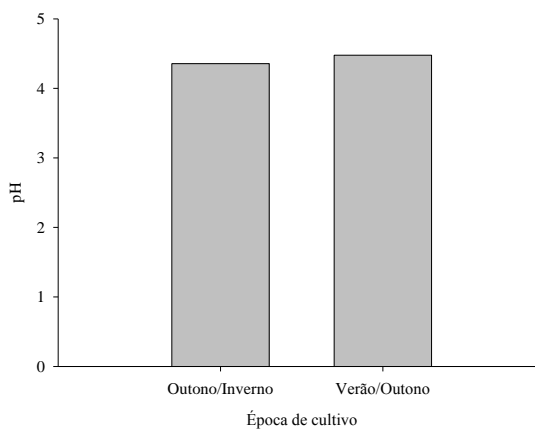


Figura 22. pH de frutos avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de Outono/inverno e Verão/Outono segundo análise de variância.

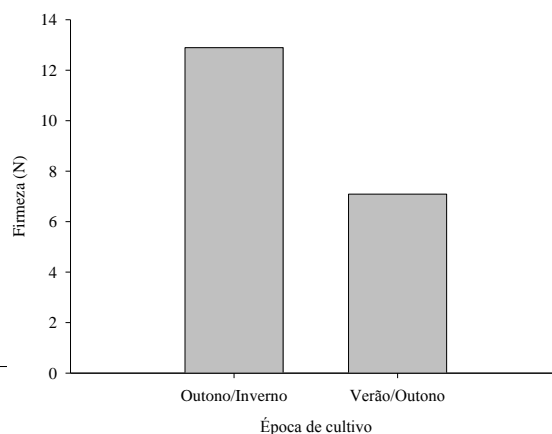


Figura 23. Firmeza (N) de frutos avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de Outono/inverno e Verão/Outono segundo análise de variância.

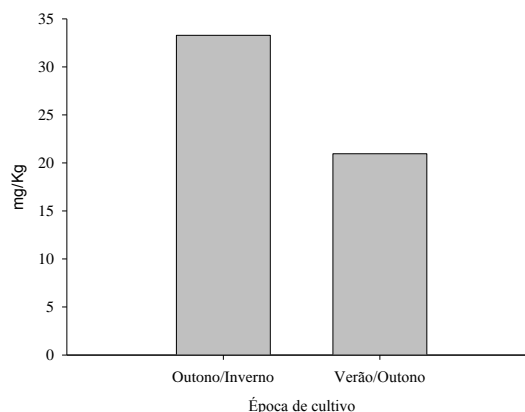


Figura 24. Teor de Licopeno (mg/Kg) de frutos avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de Outono/inverno e Verão/Outono segundo análise de variância.

De forma geral, o tipo de polinização não influencia a qualidade do tomate; só variáveis como pH no grupo Santa Cruz e Italiano; SST no grupo Italiano; AT no grupo Salada e Italiano; Sabor no grupo Salada; teor de licopeno no grupo Salada e Italiano, e firmeza no grupo Italiano, são afetadas pelo ambiente, apresentando em todas, exceto para o pH no grupo Santa Cruz e Italiano um aumento durante a época de plantio de outono/inverno.

SILVA et al. (2010), argumenta que são poucos os trabalhos que abordem qualidade em estudos relacionados às vibrações das flores no tomateiro. No entanto, alguns autores fazem referência apenas ao teor de sólidos solúveis em estudos que versam sobre os processos de *buzz pollination* com abelhas do gênero *Bombus*.

DOGTEROM et al. (1998), no Canadá, não encontraram diferenças significativas no teor de sólidos solúveis comparando tratamentos de plantas não polinizadas e plantas polinizadas por abelhas. Em estudos similares realizados no México, VERGARA; FONSECA-BUENDÍA (2012), encontraram efeito significativo entre plantas polinizadas por abelhas e plantas polinizadas mecanicamente por três vezes na semana. Isto indica que as alterações na qualidade dos frutos são dependentes das condições ambientais e às frequências em dias em que sejam realizadas as práticas de polinização mecânica. São necessárias a realização de mais estudos relacionados à qualidade de frutos, com intuito de obter informações consistentes para ampliar o conhecimento dos efeitos da polinização mecânica para as variáveis de qualidade dos frutos.

Avaliação de sementes nos grupos varietais Santa cruz, Salada e Italiano.

O resumo das análises de variância das sementes referentes aos grupos varietais Santa Cruz, Salada e Italiano, encontram-se na Tabela 9. Houve efeito significativo para: a época para a variável NSV no grupo Santa cruz; no tipo de polinização e na interação para a variável NSV no grupo Salada; e a época do grupo Italiano para a variável MSS.

Tabela 9. Resumo da análise de variância das variáveis número de sementes viáveis por fruto (NSV) e massa seca de 100 sementes (MSS) mensuradas nos híbridos de tomateiro dos grupos varietais Santa Cruz, Salada e Italiano na época de plantio de Outono/inverno e Verão/outono.

FV	GL	Quadrados médios					
		Santa Cruz		Salada		Italiano	
		NSV	MSS	NSV	MSS	NSV	MSS
Bloco	3	370,4ns	0,00ns	2409,83ns	0,01ns	137.97ns	0,00ns
Época	1	2090,0*	0,00ns	964,10ns	0,00ns	1064.06ns	0.03*
Polinização	1	1210,1ns	0,00ns	4579,22*	0,00ns	3492.21ns	0,00ns
Época*Polinização	1	568,9ns	0,00ns	4013,22*	0,00ns	87.89ns	0,00ns
Residuo	9	258,2	0,00	746,44	0,00	1221.56	0,00
CV		10,2	22,42	20,25	37,85	26.66	22.42

ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 25, é apresentada a variável NSV, avaliada durante as épocas de outono/inverno e verão/outono no grupo Santa Cruz. Em média se obteve maior número de sementes para o plantio de outono/inverno.

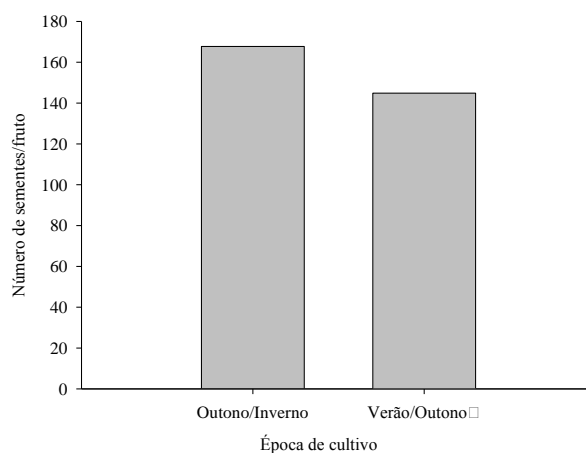


Figura 25. Número de sementes viáveis (NSV) por fruto avaliados no grupo Santa cruz (SC) na época de plantio de outono/inverno e Verão/Outono segundo análise de variância.

Com o intuito de verificar o efeito combinado dos fatores em avaliação, procedeu-se o desdobramento da interação para a variável NFM no grupo Salada na Tabela 10. A polinização mecânica aumento o número de sementes em ambas épocas de plantio, porem esse tipo de polinização teve melhor efeito no outono/inverno quando comparado com o verão/outono.

Tabela 10. Produção avaliada no grupo Salada (S) na interação ambiente x polinização.

Época de plantio	Polinização	
	Natural	Mecânica
Outono/Inverno	99,36	167,09
Verão/Outono	137,25	145,13

O aumento no número de sementes se deve às condições de pouca incidência de insetos polinizadores no outono/inverno. A polinização mecânica complementa o processo de polinização natural, esta prática favorece a liberação do pólen que vai ser depositado no estigma, o que leva ao incremento na taxa de fertilização das oosferas e posterior formação das sementes. Vários autores constataram que a vibração da flor faz com que maior quantidade de grãos de pólen seja depositada no estigma, resultando em maior número de sementes, tamanho, peso e uniformidade dos frutos (ALDANA et al., 2007; CUÉLLAR et al., 2011; SANTOS, 2014).

O aumento do NSV no grupo Santa Cruz no outono/inverno (Figura 25) e o uso da polinização mecânica no grupo Salada (Tabela 10), também poderia ter uma relação com o aumento da produtividade (Tabela 2 e Figura 7), onde, quanto maior o número de sementes desenvolvidas, maior será o efeito hormonal e conseqüentemente a produção de frutos. Na literatura é reportada relação positiva entre o número de sementes e a produtividade (CUÉLLAR et al., 2011; HIGUTI et al., 2010a; VERGARA; FONSECA-BUENDÍA, 2012)(CUÉLLAR et al., 2011; HIGUTI et al., 2010a; VERGARA; FONSECA-BUENDÍA, 2012)(DOGTEROM et al., 1998; HIGUTI et al., 2010; CUÉLLAR et al., 2011; VERGARA; FONSECA-BUENDÍA, 2012); porém em nosso estudo essa relação não foi verificada para o grupo Italiano, onde o número de sementes não teve efeito para a época nem para o tipo de polinização (Tabela9).

O desenvolvimento do fruto está regulado pela interação de reguladores de crescimento que coordenam as diferentes fases do desenvolvimento do tomateiro, e o número de sementes influencia na sua produção (DORCEY et al., 2009; MEDINA et al., 2013; OBROUCHEVA, 2014; SERRANI; RUIZ-RIVERO, 2008). SHINOZAKI et al. (2015), argumentam que o processo de polinização e posterior fertilização induzem a biossínteses de hormônios que estimulam a formação do fruto.

Alguns estudos estabelecem que existe relação entre a atividade hormonal e a qualidade do fruto (SAGAR et al., 2013; SU et al., 2015), outros indicam que essa atividade encontra-se relacionada com o número de sementes (SERRANI; RUIZ-RIVERO, 2008). Porém, em nosso estudo não se evidenciaram alterações na qualidade do fruto com o aumento do número de sementes, em consequência do efeito da polinização mecânica.

MSS foi maior na época de outono/inverno quando comprada com o verão/outono no grupo Italiano (Figura 26). Esses resultados supõem que durante a época de outono/inverno, as sementes tiveram um maior acúmulo de substâncias como proteínas, açúcares e lipídios (DIAS, 2001).

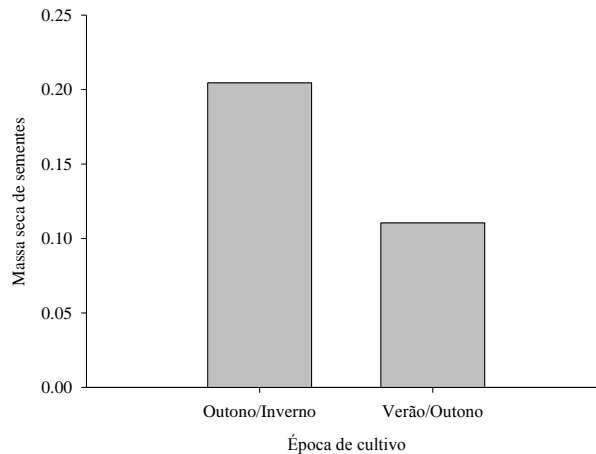


Figura 26. Massa seca de sementes (MSS) por fruto avaliados no grupo Italiano (I) na época de plantio de Outono/inverno e Verão/Outono segundo análise de variância.

Ressalta-se que a polinização mecânica pode ser uma prática sustentável que se ajusta na maioria dos grupos avaliados, uma vez que cria benefícios econômicos no curto prazo com mínimos efeitos ambientais, pois para seu estabelecimento não se requer inverter quantias consideráveis de dinheiro nem alterar as práticas culturais habituais dos sistemas de produção do tomateiro.

4.4 CONCLUSÕES

A polinização mecânica como prática complementar em cultivos realizados a pleno sol, atua eficientemente nos grupos varietais Salada e Italiano aumentando a produtividade em 22 % e 26 % respectivamente independentemente da época de plantio, e no grupo Santa Cruz durante a época de outono/inverno aumenta a produção em 16 %.

Não há alteração na qualidade dos frutos com o uso da prática de polinização mecânica para cultivos realizados em campo aberto.

4.5 BIBLIOGRAFIA

ALDANA, J.; CURE, J. R.; ALMANZA, M. T.; VECIL, D.; RODRÍGUEZ, D. Efecto

de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. **Agronomía colombiana**, v. 25, n. 1, p. 62-72, 2007.

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. rev. 2.ed. **Lavras: Editora Universitária de Lavras**, 2013.

ARANA, I.; JARÉN, C.; ARAZURI, S.; GARCÍA, G. M. J.; URSUA, A.; RIGA, P. 2007. **Calidad del tomate fresco**: técnica de cultivo y variedad. Disponible em: <<http://www.horticom.com/pd/imagenes/67/359/67359.pdf>. > Acceso em 19/08/2016.

ARIIZUMI, T.; SHINOZAKI, Y.; EZURA, H. Genes that influence yield in tomato. **Breeding Science**, v. 63, n. 1, p. 3-13, 2013.

CANTWELL, M. Fresh market Tomato Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. **South San Joaquin Valley**. UCCE. University of California Cooperative Extension. Michelle Le Strange, UCCE Farm Advisor, Tulare & Kings Counties, p. 25, 2004.

CARDOSO, A. I. I. Produção de pimentão com vibração das plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1061–1066, 2007.

CARRIZO GARCIA, C.; MATESEVACH, M.; E BARBOZA, G. Features related to anther opening in *Solanum* species (Solanaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 158, n. 2, p. 344-354, 2008.

CUÉLLAR, J; COOMAN, A; ARJONA, H. Incremento de la productividad del cultivo de tomate bajo invernadero mejorando la polinización. **Agronomía Colombiana**, v. 18, n. 1-3, p. 39-45, 2001.

DAŞGAN, H. Y.; ÖZDOĞAN, A. O.; KAFTANOĞLU, O.; Abak, K. Effectiveness of Bumblebee Pollination in Anti-Frost Heated Tomato Greenhouses in the Mediterranean Basin*. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 28, n. 2, p. 73-82, 2004.

DE, L. P. A.; VALLEJO-MARIN, M. What's the 'buzz'about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, n. 4, p. 429-435, 2013.

DIAS, D. C. F. Maduración de la semilla. **Universidade Federal de Viçosa**. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed56/artigocapa56_esp.shtml>. Acesso em: 22 ago. 2016.

DOGTEROM, M. H.; MATTEONI, J. A.; PLOWRIGHT, R. C. Pollination of Greenhouse Tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n. 1, p. 71–75, 1998.

DORCEY, E.; URBEZ, C.; BLÁZQUEZ, M. A.; CARBONELL, J.; PEREZ-AMADOR, M. A. Fertilization-dependent auxin response in ovules triggers fruit development through the modulation of gibberellin metabolism in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v. 58, n. 2, p. 318-332, 2009.

GILLASPY, G.; BEN-DAVID, H.; GRUISSEM, W. Fruits: a developmental perspective. **The Plant Cell**, v. 5, n. 10, p. 1439, 1993.

GOULSON, D. Bumblebees: behaviour, ecology and conservation 2 ed. **Oxford University Press**, 2010.

HARDER, L. D.; BARCLAY, R. M. R. The functional significance of poricidal anthers and buzz pollination: controlled pollen removal from Dodecatheon. **Functional Ecology**, p. 509-517, 1994.

HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; SALATA, A. D. C.; CARDOSO, A. I. I. Tomato production in function of plant" vibration". **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 87-92, 2010.

MEDINA, M.; ROQUE, E.; PINEDA, B.; CAÑAS, L.; RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN, M.; BELTRÁN, J. P.; GÓMEZ-MENA, C. Early anther ablation triggers parthenocarpic fruit development in tomato. **Plant Biotechnology Journal**, v.

11, n. 6, p. 770-779, 2013.

MELO, PAULO CT. Avanços recentes na tomaticultura de mesa associadas a mudanças no paradigma tecnológico e desafios a superar. **5º Seminário Nacional de Tomate de Mesa (5º SNTM)**. Disponível em <<http://www.tomatedemesa.com.br/2014/noticia01.html>>. UNIMEP, Piracicaba-SP, 2014.

MENCARELLI, F.; SALVEIT, J. R. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society Horticultural Science**, v. 113, p. 742-745, 1988.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Normas de identificação, qualidade, acondicionamento, embalagem e apresentação do tomate. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2002.

NAHIR, D.; GAN-MOR, S.; RYLSKI, I.; FRANKEL, H. Pollination of Tomato Flowers by a Pulsating Air Jet. **Transactions of the ASAE**, v. 27, n. 3, p. 894–896, 1984.

OBROUCHEVA, N. V. Hormonal regulation during plant fruit development. **Russian Journal of Developmental Biology**, v. 45, n. 1, p. 11–21, 2014.

OTONI, B. D. S.; DA MOTA, W. F.; BELFORT, G. R.; SILVA, A. R. S.; VIEIRA, J. C. B.; DE SOUZA ROCHA, L. Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes porcentagens de sombreamento. **Ceres**, v. 59, n. 6, 2015.

PEREIRA RAMOS, A. R.; ESTEVES AMARO, A. C.; MACEDO, A. C.; ASSIS SUGAWARA, G. S. D.; EVANGELISTA, R. M.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Qualidade de frutos de tomate ‘giuliana’ tratados com produtos de efeitos fisiológicos. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 3543-3552, 2013.

PRESSMAN, E.; SHAKED, R.; ROSENFELD, K.; HEFETZ, A. A comparative study

of the efficiency of bumble bees and an electric bee in pollinating unheated greenhouse tomatoes. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 74, n. 1, p. 101–104, 1999.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999.

SAGAR, M.; CHERVIN, C.; MILA, I.; HAO, Y.; ROUSTAN, J. P.; BENICHO, M.; PECH, J. C. SIARF4, an Auxin Response Factor Involved in the Control of Sugar Metabolism during Tomato Fruit Development. **Plant Physiology**, v. 161, n. 3, p. 1362–1374, 1. 2013

SANTOS, A. O. R.; BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Potential pollinators of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in open crops and the effect of a solitary bee in fruit set and quality. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 3, p. 987-994, 2014.

SERRANI, J. C.; RUIZ-RIVERO, O.; FOS, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, J. L. Auxin-induced fruit-set in tomato is mediated in part by gibberellins. **The Plant Journal**, v. 56, n. 6, p. 922-934, 2008.

SHINOZAKI, Y.; HAO, S.; KOJIMA, M.; SAKAKIBARA, H.; OZEKI-IIDA, Y.; ZHENG, Y.; OKABE, Y. Ethylene suppresses tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit set through modification of gibberellin metabolism. **The Plant Journal**, v. 83, n. 2, p. 237-251, 2015.

SILVA, P. N.; HRNCIR, M.; FONSECA, V. L. I. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 140-151, 2010.

SRIVASTAVA, A.; HANDA, A. K. Hormonal regulation of tomato fruit development: a molecular perspective. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 24, n. 2, p. 67-82, 2005.

SU, L.; DIRETTO, G.; PURGATTO, E.; DANOUN, S.; ZOUINE, M.; LI, Z.; CHERVIN, C. Carotenoid accumulation during tomato fruit ripening is modulated by the auxin-ethylene balance. **BMC plant biology**, v. 15, n. 1, p. 1, 2015.

TOHGE, T.; FERNIE, A. R. Metabolomics-Inspired Insight into Developmental, Environmental and Genetic Aspects of Tomato Fruit Chemical Composition and Quality. **Plant & cell physiology**, v. 56, n. 9, p. 1681–96, set. 2015.

VANBERGEN, A. J. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, p. 251-259, 2013.

VELTHUIS, H. H. The historical background of the domestication of the bumble-bee, *Bombus terrestris*, and its introduction in agriculture. **Pollinating Bees-The conservation link between agriculture and nature. Ministry of Environment, São Paulo, Brasil**, p. 177-184, 2002.

VERGARA, C. H.; FONSECA-BUENDÍA, P. Pollination of greenhouse tomatoes by the Mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Pollination Ecology**, v.7, p. 27–307, 2012.

VIVIAN, R.; ROCHA, A.; GALVÃO, H. L.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. Densidade de plantio e número de folhas influenciando a produtividade e qualidade de frutos do tomateiro cultivados com um cacho, em sistema hidropônico. **Ceres**, v. 55, n. 6, 584-589, 2015.