

**JOSÉ SEVERINO DE LIRA JÚNIOR**

**ESTRATÉGIA DE SUPERAÇÃO DA  
AUTOINCOMPATIBILIDADE E HERANÇA DA SENSIBILIDADE  
DA INDUÇÃO FLORAL AO FOTOPERÍODO EM  
MARACUJAZEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2012**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L768e  
2012

Lira Júnior, José Severino de, 1979-

Estratégia de superação da autoincompatibilidade e herança da sensibilidade da indução floral ao fotoperíodo em maracujazeiro / José Severino de Lira Júnior. – Viçosa, MG, 2012.

x, 66f. : il. ; (algumas color.) ; 29cm.

Orientador: Cláudio Horst Bruckner

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Passiflora edulis*. 2. Autofecundação. 3. Endogamia.  
4. Maracujá - Melhoramento genético. 5. Maracujá - Pólen.  
6. Maracujá - Floração. 7. Fotoperíodo. I. Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 634.4252

JOSÉ SEVERINO DE LIRA JÚNIOR

**ESTRATÉGIA DE SUPERÇÃO DA  
AUTOINCOMPATIBILIDADE E HERANÇA DA SENSIBILIDADE  
DA INDUÇÃO FLORAL AO FOTOPERÍODO EM  
MARACUJAZEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

APROVADA: 13 de dezembro de 2012.

---

Messias Gonzaga Pereira

---

Waldênia de Melo Moura

---

Pedro Crescêncio de Souza Carneiro  
(Coorientador)

---

Sérgio Yoshimitsu Motoike  
(Coorientador)

---

Cláudio Horst Bruckner  
(Orientador)

À Márcia Regina (esposa), Giovanna Hellen (filha) e Giullia Evelyn (filha), pela compreensão e apoio durante vários finais de semana e feriados dedicados à realização deste trabalho, ao invés do lazer.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Isnar Monteiro de Souza e José Severino de Lira, pelo esforço, incentivo e apoio durante minha formação profissional.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade da realização do doutorado.

Ao Governo de Pernambuco, através do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), pela concessão de licença e apoio financeiro.

À Embrapa pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro para a elaboração desta tese.

Aos professores Cláudio Horst Bruckner e Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela orientação, apoio e convivência fácil, durante as disciplinas e na condução deste trabalho.

Aos professores da UFV Cosme Cruz, Sérgio Motoike e Gilberto Freitas, pelas sugestões valiosas à tese.

Aos professores da UFV Adair Regazzi, Tuneo Sedyama, Ney Sakiyama, Márcio Barbosa e Leonardo Bhering, pelos ensinamentos durante as disciplinas.

Aos colegas Telma Miranda, Rosana Pires, Marcos Morgado, Danielle Silva, José Osmar, Silvia Paula, Sara Lucia, Silvana María e Alejandro Hurtado, pelo apoio e amizade.

Aos técnicos e auxiliares do Setor de Fruticultura da UFV que contribuíram, direta ou indiretamente, para realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

JOSÉ SEVERINO DE LIRA JÚNIOR filho de Isnar Monteiro de Souza e José Severino de Lira, nasceu em Santa Rita-PB, em 17 de janeiro de 1979. cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Arruda Câmara, entre os anos de 1985 e 1994, na cidade de Itambé-PE. cursou o ensino médio no Colégio e Curso 2001, em João Pessoa-PB, entre os anos de 1995 e 1997.

Em março de 1998, iniciou a graduação em engenharia agrônoma pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB, onde se graduou em novembro de 2002, obtendo o título de engenheiro agrônomo.

Em março de 2003, ingressou no curso de mestrado em melhoramento genético de plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, onde obteve o título de mestre em fevereiro de 2005, sob a orientação da professora Rosimar dos Santos Musser.

Em junho de 2005, foi contratado como consultor-técnico pelo Governo de Pernambuco, através do programa PROMATA/BID, para implementar atividades de pesquisa em fruticultura, junto ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Em junho de 2006, foi aprovado em concurso público para o cargo de pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), onde desenvolve linhas de pesquisas de fruticultura, com ênfase em seleção fenotípica individual de fruteiras potenciais nativas e exóticas.

Em março de 2010, iniciou o curso de doutorado em genética e melhoramento da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, sob a orientação do professor Cláudio Horst Bruckner, submetendo-se à defesa no dia 13 de dezembro de 2012.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>19</b>
<b>ESTRATÉGIA DE SUPERAÇÃO DA AUTOINCOMPATIBILIDADE DO MARACUJAZEIRO.....</b>	<b>19</b>
RESUMO.....	19
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS .....	26
DISCUSSÃO .....	32
CONCLUSÕES .....	35
REFERÊNCIAS .....	36
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>44</b>
<b>HERANÇA DA SENSIBILIDADE DA INDUÇÃO FLORAL AO FOTOPERÍODO EM MARACUJAZEIRO .....</b>	<b>44</b>
RESUMO.....	44
INTRODUÇÃO.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	46
RESULTADOS .....	50
DISCUSSÃO .....	56
CONCLUSÕES .....	59
REFERÊNCIAS .....	59
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>66</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>66</b>

## RESUMO

LIRA JÚNIOR, José Severino de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro, 2012. **Estratégia de superação da autoincompatibilidade e herança da sensibilidade da indução floral ao fotoperíodo em maracujazeiro.** Orientador: Cláudio Horst Bruckner. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Sérgio Yoshimitsu Motoike.

Procedimentos de autofecundação em maracujazeiro (*Passiflora edulis*) são pouco eficientes. A reação de autoincompatibilidade inibe o crescimento do tubo polínico dos grãos de pólen de uma mesma planta ou de flores em plantas incompatíveis entre si. O maracujazeiro apresenta limitações para a obtenção de linhagens endogâmicas, essenciais à produção de híbridos e para estudos de herança, a partir de genitores homozigotos e contrastantes para as características de interesse. Plantas mutantes de *P. edulis*, capazes de florescer sob fotoperíodo reduzido, foram identificadas no programa de melhoramento genético do maracujazeiro, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. O entendimento do controle genético da insensibilidade ao fotoperíodo facilita a incorporação deste fenótipo em cultivares ou híbridos, recomendados para as regiões situadas em maiores latitudes. Além disso, esses mutantes permitem estudos sobre o entendimento do controle genético da insensibilidade de indução floral em maracujazeiro. Propôs-se uma nova metodologia de autofecundação para o maracujazeiro. Foi proposta autopolinização na antese, com a excisão dos estigmas, comparada com autopolinizações na antese e no estágio de botão. Também foram avaliados três horários de autopolinização (13 h, 13 e 17 h e 17 h). Esses procedimentos e horários foram avaliados em dois genótipos (M7 e N9). Houve significância ( $p \leq 0,05$ ) para interação procedimentos x horários. As autopolinizações na antese sem estigmas, às 13 h e repetidas, no mesmo dia, às 17 h, atingiram percentagens de frutificação de 83,33 % (M7) e 80,56 % (N9). Não houve frutificação nas autopolinizações na antese, às 13 h ou às 17 h, como também na antese sem estigmas, às 17 h. A nova metodologia proposta, com uma autopolinização, às 13h, na antese sem estigmas, é eficiente na produção de sementes de maracujazeiro. No estudo de herança, os objetivos foram determinar o número mínimo de locos e o tipo de interação intra-loco e inter-locos, envolvidos no controle do início do florescimento de um genótipo mutante de maracujazeiro, insensível à variação de fotoperíodo, sob latitude de 20°45'14''S. Na progênie de autofecundação do genitor insensível (M7) mutante, a



hipótese de três locos não foi rejeitada pelo teste do  $\chi^2$ . Sua relação fenotípica esperada, 27:37 (insensível:normal), e o número de plantas observado, 13:19 (insensível:normal), atingiu a máxima probabilidade associada de 85,79 %, caso rejeitada a hipótese. Na soma do cruzamento do genitor insensível (M7) com o genitor normal (N9), e seu recíproco, a hipótese de três locos também não foi rejeitada pelo teste  $\chi^2$ . Sua relação fenotípica esperada, 1:7 (insensível:normal), e o número de plantas observado, 7:56 (insensível:normal), obteve a probabilidade associada de 73,88 %, caso rejeitada a hipótese. A insensibilidade ao fotoperíodo (PI), exibida pelo genitor M7, é provavelmente controlada por, no mínimo, três locos em heterozigose (PI<sub>1</sub>, PI<sub>2</sub> e PI<sub>3</sub>) e relação de dominância completa entre os alelos.

## ABSTRACT

LIRA JÚNIOR, José Severino de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, december, 2012. **Strategy to overcome the self-incompatibility and sensitivity inheritance of the floral induction to photoperiod in passion fruit.** Advisers: Cláudio Horst Bruckner. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Sérgio Yoshimitsu Motoike.

Selfing procedures in passion fruit (*Passiflora edulis*) are inefficient. The reaction of self-incompatibility inhibits the pollen tube growth from the same plant or flowers of incompatible plants. The passion fruit has limitations for obtaining inbred lines, essential to the production of hybrid and for studies of inheritance among parents homozygous and contrasting for interest characteristics. Mutant plants of *Passiflora edulis*, able to bloom under reduced photoperiod, were identified in the breeding program of passion fruit of the Federal University of Viçosa (UFV), State of Minas Gerais, Brazil. Understanding the genetic control of photoperiod insensitivity facilitates the incorporation of this phenotype in hybrids or cultivars, recommended to cultivation in higher latitudes. Furthermore, these mutants allow studies on understanding the genetic control of floral induction insensitivity in passion fruit. We propose a new methodology of selfing for the passion fruit. Self-pollination was proposed at anthesis with the stigma excised, compared with self-pollination at floral buds and anthesis stage. There were also evaluated three times of self-pollination (13 h, 17 h and 13:17 h). These procedures and schedules were evaluated in two genotypes (M7 and N9). There was significance ( $p < 0.05$ ) of the procedures and schedules interaction. The self-pollinations without stigmas at anthesis, at 13h and repeated the same day at 17h, reached fruit set percentages of 83.33% (M7) and 80.56% (N9). There was no fruit set at self-pollinations at anthesis, to 13h or 17h, but also at anthesis without stigma to 17 h. The proposed new methodology, with one self-pollination (13h) at anthesis without stigma, is efficient in the production of passion fruit seeds. In inheritance study, the objectives were to determine the minimum number of loci and the type of interaction intra-loco and inter-locos, involved in controlling early blooming of a mutant genotype of passion fruit, insensitive to changes in photoperiod, under latitude  $20^{\circ} 45'14''$  S. In selfing progeny of the mutant insensitive parent (M7), the hypothesis of three loci was not rejected by the chi-square statistical test. His expected phenotypic ratio, 27:37

(insensitive: normal), and the number of plants observed, 13:19 (insensitive: normal), reached the highest associated probability of 85.79%. In sum value of the hybridization among insensitive parent (M7) and normal parent (N9), and its reciprocal, the three loci hypothesis was not rejected by the chi-square statistical test. His expected phenotypic ratio, 1:7 (insensitive:normal), and the number of plants observed, 7:56 (insensitive:normal), obtained the associated probability of 73.88%. The insensitivity to photoperiod (PI), exhibited by parent M7, is probably controlled by at a minimum three loci in heterozygous ( $PI_1$ ,  $PI_2$  and  $PI_3$ ), with complete dominance relationship between alleles.

## INTRODUÇÃO GERAL

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims.) pertence à família Passifloraceae (Bernacci et al., 2008). Essa família comporta cerca de 20 gêneros e 600 espécies (Cervi, 2005). O gênero *Passiflora* L. se destaca como o mais importante por abrigar cerca de 500 espécies (Bruckner et al., 2002; Peixoto, 2005). Desse total, aproximadamente 140 espécies ocorrem no Brasil (Cervi, 2006).

As principais espécies de frutos comestíveis são *P. edulis*, que abriga as cultivares de fruto amarelo (maracujá azedo ou amarelo) e roxo (maracujá roxo), e *P. alata* (maracujá doce) (Vasconcellos e Cereda, 1994). No Brasil, estima-se que cerca de 95 % dos pomares de maracujá sejam formados pelas cultivares de frutos amarelos (Meletti e Bruckner, 2001), cuja preferência se deve a ampla adaptação, vigor e produtividade, qualidade do fruto e rendimento de suco.

As flores de *P. edulis* são hermafroditas (Cervi, 1997). Entre 12 e 14 horas, a receptividade do estigma tende a ser máxima (Souza et al., 2004). O pólen apresenta alta viabilidade na antese e pode durar mais 24 horas (Bruckner et al., 2000; Souza et al., 2002b). A formação do botão floral varia de 30 a 40 dias, o florescimento ocorre entre o 4º e o 6º mês, após o plantio, e da antese à colheita é necessário o acúmulo de 865 graus dias, que pode variar de 65,2 a 105,4 dias (Veras, 1997; Neves et al., 1999). A antese se inicia por volta do meio dia e a flor permanece aberta até o final tarde, podendo haver variação entre plantas (Meletti et al., 1992; Bruckner et al., 1995).

A fecundação da flor é inteiramente dependente da polinização cruzada (Junqueira et al., 2001). A eficiência desse processo é totalmente influenciada pelos agentes polinizadores, que no caso do maracujá, são as várias espécies do gênero *Xylocopa*, vulgarmente conhecidas como mamangavas (Corbet e Willmer, 1980; Sazima e Sazima, 1989; Silva et al., 1999; Camillo, 2003; Freitas e Oliveira Filho, 2003). A polinização manual assume grande importância na produção comercial, pois, está correlacionada positivamente com a produtividade, número, tamanho e peso de frutos, número de sementes e rendimento de suco.

O sistema reprodutivo do maracujazeiro (*P. edulis*) é de planta alógama, determinado pela autoincompatibilidade (AI) do tipo homomórfica esporofítica (Bruckner et al., 1995), associada a loco gametofítico cuja ação depende do gene esporofítico (Suassuna et al., 2003). Trata-se da incapacidade dos grãos de pólen em

fertilizar sua própria flor e outras flores da mesma planta, além da inviabilidade de algumas hibridações com plantas incompatíveis entre si (Akamine e Girolami, 1959).

O maracujazeiro é cultivado predominante por fruticultores de base familiar, geralmente em propriedades entre 3 e 5 ha (Meletti, 2011). A produção é destinada às indústrias processadoras de suco e polpa, ou comercializada nos mercados varejistas, como supermercados, feiras-livres, restaurantes e lanchonetes (Lima et al., 2006). Seu cultivo absorve grande quantidade de mão-de-obra no campo, com tratos culturais intensivos e colheita manual de 2 a 3 vezes por semana. O fluxo de renda contínuo, gerado pela comercialização semanal de frutos, que somada a outras atividades agropecuárias de base familiar, pode ser uma boa opção capaz de contribuir para a fixação de famílias no campo (Costa et al., 2005).

Os principais compradores do suco brasileiro são Holanda, Bélgica, Alemanha, Estados Unidos, Japão e a Argentina (Lima et al., 2006). No entanto, os principais exportadores mundiais de suco concentrado são o Equador, com cerca de 50% e a Colômbia com 30% do mercado.

De acordo com o IBGE (2012), a produção de maracujá brasileira, em 2010, foi de 920.158 ton. de frutos, colhida numa área de 62.019 ha. A região Nordeste produziu quase 76 %, com destaque para o estado da Bahia, que foi responsável por cerca de 50 % desse total. A produtividade média brasileira se mantém entre 14 e 15 ton/ha/ano. Essa produtividade é considerada baixa, pois, a cultura apresenta potencial para produzir cerca de 50 ton./ha (Meletti, 2011), desde que sejam adotadas tecnologias de produção, como: irrigação eficiente, adubação equilibrada, cultivares melhoradas e correto manejo integrado de pragas e doenças.

Atualmente, os pomares têm sido renovados, em média, a cada 2 anos, e às vezes em até 1 ano. Essa renovação se deve aos problemas fitossanitários causados por várias pragas e, principalmente, doenças fúngicas do sistema radicular. A murcha causada pelo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, por exemplo, tem sido limitante ao redor do mundo para a cultura, sobretudo nas áreas comerciais com histórico de sua incidência (Vianna et al., 2003; Laranjeira et al., 2005). Atualmente, não existe controle químico eficiente e nem cultivares resistentes/tolerantes à fusariose. Além disso, esse fungo pode permanecer no solo por até 20 anos, tornando o cultivo de maracujá itinerante, pela recorrente utilização de novas áreas livres do referido patógeno.

Poucos produtos fitossanitários estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). De acordo com relatório gerado, em 17/04/2012, junto ao site Agrofit/MAPA, 14 produtos estão registrados para o maracujazeiro. Esses

produtos são indicados para o controle de apenas 2 pragas, 2 doenças fúngicas e 1 doença bacteriana.

De acordo com Laranjeira (2005), são incipientes as pesquisas com doenças e pragas, voltadas para aplicação nos programas de melhoramento genético do maracujazeiro, contudo, alguns trabalhos para quantificação de doenças podem permitir a realização de outros estudos relevantes (Czermainski, 1999; Miranda, 2004; Do Vale et al., 2004; Laranjeira et al., 2005).

Vários métodos de melhoramento podem ser aplicados no desenvolvimento de cultivares de maracujá. Basicamente, pretende-se aumentar a frequência de alelos favoráveis, através de seleção massal ou de testes de progênies, como também, explorar heterose ou vigor híbrido, a partir do desenvolvimento de variedades sintéticas, compostos (Hallauer e Miranda Filho, 1988; Meletti et al., 2000) ou híbridos (Bruckner et al., 2005). Para o mercado *in natura*, devem ser priorizados frutos grandes e ovais, com boa aparência externa, resistente ao transporte e menor perda de qualidade durante o armazenamento e a comercialização. Para processamento industrial da polpa, busca-se frutos com maior rendimento de suco, maiores teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e coloração constante da polpa (Oliveira et al., 1994; Bruckner et al., 2002; Meletti et al., 2005).

As cultivares IAC-273 e IAC-277 são recomendadas para o mercado *in natura*. Seus frutos atingem massa média de 230g, 8,8 cm de comprimento, 7,3 cm de largura, cerca de 50% de polpa com coloração alaranjada e teor de sólidos solúveis totais entre 14 e 15 °Brix. A diferença entre as duas cultivares está na produtividade, sendo o IAC-273 superior em torno de 10% (Meletti, 2000). A cultivar IAC-275 foi recomendada tanto para a indústria de suco e polpa, quanto para o mercado *in natura*. Seus frutos podem atingir até 180g de massa, com formato oval, rendimento de polpa em torno de 52% e coloração alaranjada intensa, com teor médio de sólidos solúveis totais de 15°Brix. Sua produtividade média pode atingir até 48 t/ha, desde que haja complementação manual da polinização e manejo cultural adequado. De acordo com o IAC, a produtividade dessas cultivares pode atingir até 50 t/ha, desde que haja complementação manual da polinização e manejo cultural adequado.

As cultivares lançadas pela Embrapa foram obtidas por seleção recorrente e desenvolvimento de híbridos intraespecíficos (Junqueira et al., 2007; Meletti, 2011). A cultivar BRS Gigante, indicada para indústria e mesa, produz frutos com formato oblongo, variando entre 120 a 350g, rendimento de polpa em torno de 40 %, teor de sólidos solúveis entre 13 e 15°Brix. A cultivar BRS Ouro Vermelho apresenta as

mesmas características do BRS Gigante, porém, produz de 10 a 20 % de frutos de casca vermelha ou arroxeadada. A cultivar BRS Sol do Cerrado produz frutos amarelos com formato oblongo. Pesam de 150 a 350 g, com rendimento de polpa em torno de 38 % e teor de sólidos solúveis de 13 a 14 °Brix. De acordo com Embrapa, a produtividade dessas cultivares pode atingir cerca de 40 t/ha no primeiro ano de produção, sem a realização de polinização manual. Há citações de algumas cultivares de maracujazeiro com tolerância à antracnose e bacteriose (Meletti, 2011), no entanto, todas são susceptíveis à virose, à verrugose e, principalmente, às doenças do sistema radicular causadas por fungos.

De acordo com os conceitos da genética biométrica (Falconer, 1989; Cruz, 2005), a exploração da heterose é uma importante estratégia que pode ser implementada pelos programas de melhoramento. A alta produtividade, a homogeneidade da produção e sua qualidade são os principais avanços do uso do vigor híbrido no melhoramento de plantas (Borém e Miranda, 2009). A exploração da heterose tem sido aplicada com sucesso, tanto em espécies alógamas, quanto autógamias, no desenvolvimento de híbridos de milho, tomate e arroz (Hallauer e Miranda Filho, 1995; Amaral Júnior et al., 1997; Coimbra et al., 2006; Maciel et al., 2010).

O desenvolvimento de híbridos envolve cruzamentos entre linhagens puras, geneticamente divergentes e complementares para as características de interesse (Guimarães et al. 2007). Em plantas alógamas, essas linhagens podem ser obtidas por sucessivas autofecundações ou por cruzamentos entre plantas irmãs (Krug et al. 1943).

O maracujazeiro (*P. edulis*) por ser uma planta alógama, condicionada pela autoincompatibilidade (Bruckner et al. 1995), apresenta limitações para a obtenção de linhagens endogâmicas, que ainda não são usadas nos estudos de herança e produção de híbridos comerciais.

Outra dificuldade enfrentada, pelos produtores de maracujá, é a sazonalidade da produção. Nas regiões localizadas em latitudes acima de 15°, a safra é afetada pelo fotoperíodo menor que 11 h de luz.dia<sup>-1</sup> e pela temperatura média inferior a 15 °C. Durante o inverno, essas condições inibem a indução da brotação foliar, florescimento, vingamento e desenvolvimento adequado de frutos (Ferreira et al., 2002; Lima e Borges, 2002; Borges e Lima, 2009). A safra de maracujá ocorre praticamente o ano inteiro nas regiões mais próximas à Linha do Equador, pois não há variação acentuada de fotoperíodo e temperatura ao longo do ano (Junqueira et al., 1999). Plantas mutantes (Flores et al. 2011), capazes de florescer sob dias curtos, foram identificadas no

programa de melhoramento genético do maracujazeiro da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais.

Portanto, considerando que a reação de autoincompatibilidade do maracujazeiro (*P. edulis*) ocorre na superfície estigmática, inibindo a germinação do grão de pólen, este trabalho teve como objetivo propor metodologia de autofecundação que seja mais eficiente na produção de sementes e determinar o número mínimo de locos e o tipo de interação intra-loco e inter-locos envolvidos no controle do início do florescimento de um genótipo de maracujazeiro insensível ao fotoperíodo, visando contribuir para o desenvolvimento de cultivares insensíveis ao baixo fotoperíodo para cultivo em regiões de maiores latitudes.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. R. D.; SANTOS, C. C. F. Importância econômica e mercado. In: BRUCKNER, C. H.; PIKANÇO, M. C. (Ed.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 9-32.

AKAMINE, E.K.; GIROLAMI, G. **Pollination and fruit set in the yellow passion fruit**. Havai, EUA: University of Hawaii, 1959. 44p. (University Hawaii. Technical Bulletin, 39).

AMARAL JÚNIOR, A. T. do, CASALI, V. W. D., CRUZ, C. D., FINGER, F. L.; SCAPIM, C. A. Melhoramento do tomateiro: II. Procedimento de Gardner e Eberhart na análise heterótica de características morfoagronômicas e da qualidade dos frutos. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, 1997.

ANJOS, J. B. DOS; CAVALCANTE, N. de B. Adaptação em liquidificador de uso doméstico para extração de polpa de maracujá. Petrolina, 2004. 2 p. (**Comunicado Técnico119**).Disponívelem:<[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/public\\_eletronica/downloads/COT119.pdf](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/COT119.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2012.

AMELA-GARCIA, M.T.; GALATI, B.G. & ANTON, A.M. Microsporogenesis, microgametogenesis and pollen morphology of *Passiflora* spp. (*Passifloraceae*).**Botanical Journal of the Linnean Society**, 139: 383-394, 2002.



BERNACCI, L.C. *Passifloraceae*. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M.; MELHEM, T.S. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: RiMa, FAPESP, 2003. v.3, p. 247-248.

BERNACCI, L.C.; SOARES-SCOTT, M.D.; JUNQUEIRA, N.T.V.; PASSOS, I.R.S.; MELETTI, L.M.M. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2, p. 566-576, 2008.

BONATO, E. R.; VELLO, N. A. Aspectos genéticos do tempo para o florescimento em variantes naturais de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, n. 6, p. 989-993, 1999.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2009. 529p.

BORGES, A. L.; LIMA, A. de A. Maracujazeiro. In: CRISOSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Ed.). **Aduando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Horgen: Instituto Internacional de Potassa, 2009. (IIP. Boletim, 18). Tradução de: Lindbergue Araújo Crisóstomo. p. 166-181.

BRUCKNER, C.H. Auto-incompatibilidade em maracujá In: SÃO JOSÉ A. R. (Ed.). **Maracujá, produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESC, 1994. p. 6-18.

BRUCKNER, C.H.; CASALI, V.W.D.; MORAES, C.F. de; REGAZZI, A.J.; SILVA, E.A.M. da. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Horticulturae**, v.370, p.45-57, 1995.

BRUCKNER, C.H.; OTONI, W.C. Hibridação em maracujá. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p.379-399.

BRUCKNER, C.H.; SILVA, M.M. da; FALLEIRO, T. de M.; ANDRADE, B.B. de; MOREIRA, A.E. Viabilidade do pólen de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Ceres**, v. 47, n.523-531, 2000.

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTON, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p. 373–409.

BRUCKNER, C. H.; SUASSUNA, T. M. F.; RÊGO, M.; NUNES, E. S. Autoincompatibilidade do maracujá– implicações no melhoramento genético. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**, 2005. p. 137 – 338.

CAMILLO, E. **Polinização do maracujá**. Ribeirão Preto: Ed. Holos, 2003. 44p.

CAMPOS, V.P.; CAMPOS, J.R.; SILVA, L.H.C.P.; DUTRA, M.R. Manejo de doenças causadas por nematóides em frutíferas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais, doenças e pragas**, Viçosa: UFV, Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2002, p.185-238.

CAVICHIOLO, J. C.; CORRÊA, L. de S; NARITA, N.; KASAI, F. S. Incidência e severidade do vírus do endurecimento dos frutos em maracujazeiros enxertados em pé-franco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, 2011.

CAVICHIOLO, J. C.; CORREA, L. de S.; GARCIA, M. J. de M.; FISCHER, I. H. Desenvolvimento, produtividade e sobrevivência de maracujazeiro-amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, 2011.

CEAGESP – Programa Brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de Hortifrutigranjeiros. **Classificação do Maracujá** (*Passiflora edulis* Sims.). São Paulo: CEAGESP. 6p. 2001.

CERVI, A. C. Passifloraceae do Brasil: Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. **Fontqueria**, v. 45, p. 1-92, 1997.

CERVI, A.C. Espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) publicadas e descritas nos últimos 55 anos (1950 – 2005) na América do Sul e principais publicações brasileiras. **Estudos de Biologia**, v. 27, p. 19-24. 2005.

CERVI, A.C. O gênero *Passiflora* L. (*Passifloraceae*) no Brasil, espécies descritas após o ano de 1950. **Adumbrationes ad Summae Editionem**, v. 16, p. 1-5, 2006.

COBERT, S. A.; WILLMER, P. G. Pollination of the yellow passionfruit: nectar, pollen and carpenter bees. **Journal of Agricultural Science**, v. 95, p. 655-666, 1980.

COIMBRA, J. L. M.; OLIVEIRA, A. C. de; FERNANDO IRAJÁ FELIX DE CARVALHO, F. I. F de; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; KOPP, M. M.. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 257-264, 2006.

CORRÊA, R. A. de LIMA. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura em dois ciclos de produção do maracujazeiro-amarelo**. 2004. 57 p. Dissertação(Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

COSTA, A. de F.S.; ALVES, F. de L.; COSTA, A.N. de. Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá. In: COSTA, A. de F.S.; COSTA, A.N. de (Ed.). **Tecnologias para a produção de maracujá**. Vitória: INCAPER, 2005. p. 23-53.

CRUZ, C. D. **Princípios de Genética Quantitativa**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 391 p.

CRUZ, C. D. ; VIANA, J. M. S.; CARNEIRO, P. C. S. ; BHERING, L. L. **Genética - Gbol: Software para ensino e aprendizagem de genética**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. v. 2. 326 p.

CZERMAINSKI, A. B. C. Generalização de um índice de intensidade de infecção em experimentos de avaliação de doenças de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1545-1555, 1999.

DETTKE, G. A.; SANTOS, R.P. 2009. Tipos de aberturas dos grãos de pólen de espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae). **Acta Botanica Brasílica**, v.23, n. 4, p. 1119-1128.

DIAS, M.S.C. Principais doenças fúngicas e bacterianas do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.206, p.34-38, 2000.

DO VALE, F. X. R.; JESUS Jr., W. C.; LIBERATO, J. R.; SOUZA, C. A. Quantificação de doenças e do crescimento do hospedeiro. In: DO VALE, F. X. R.; JESUS Jr., W. C.; ZAMBOLIM, L. (Ed). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004. p. 91-123.

FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics. 3. ed. New York: Longman Scientific and Technical, 1989, 438 p.

FERREIRA, F.R. Germoplasma de maracujá. In: **Reunião Técnica: Pesquisa em maracujazeiro no Brasil**, 1, 1997, Cruz das Almas. Anais... Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1998. p. 48-53 (EMBRAPA-CNPMF. Documentos, 77).

FERREIRA, E. T.; EVANGELISTA, B. A.; AGUIAR, J. L. P. de; JUNQUEIRA, N. T. V. **Delimitação de áreas aptas para produção de maracujá na entressafra no estado de Goiás e no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 24).

FEUILLET, C.; MACDOUGAL, J.M. A new infrageneric classification of *Passiflora* L. (*Passifloraceae*). **Passiflora**, v. 13, p.34-38. 2003.

FEUILLET, C. e MACDOUGAL, J.M. *Passifloraceae*. In.: KUBITZKI K. (Ed.) **The families and genera of vascular plants**. v. 9. Berlin: Springer, 2007, p. 270-281.

FREIRE, F.C.O. Nematóides de Fruteiras Tropicais de Interesse Agroindustrial. In: FREIRE, F.C.O.; CARDOSO, J.E.; VIANA, F.M.P. (Ed.). **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. p. 533-537.

FREITAS, B. M.; OLIVEIRA FILHO, J. H. de. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Cienc. Rural**, v. 33, n. 6, 2003.

GAMARRA ROJAS, G.; MEDINA, V. M. Variações físico-químicas do maracujá ácido em função da idade do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.17, n.3, p. 103-110, 1995.

GUERRA, M. dos S. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco, I. **Revista Brasileira de Genética**. v. 9, p. 21-40. 1986.

GUIMARÃES, PAULA DE SOUZA, PATERNIANI, MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO, LÜDERS, REGINALDO ROBERTO, SOUZA, ANETE PEREIRA DE, LABORDA, PRIANDA RIOS, & OLIVEIRA, KARINE MIRANDA. Correlação da heterose de híbridos de milho com divergência genética entre linhagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n. 6, 2007.

HALLAUER, A.R.; SEARS, J.H. Changes in quantitative traits associated with inbreeding in a synthetic variety of maize. **Crop Science**, Madison, v.13, p.327-330, 1973.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames : Iowa State University, 1988. 468p.

HALLAEUR, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468p.

HAMMER, L. H. The pollinators of the yellow passionfruit—do they limit the success of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* as a tropical crop. **Proceedings of the Florida State Horticultura Society**, v.100, p. 283-287, 1987.

HOEHNE, F.C. **Botânica e agricultura no Brasil (Século XVI)**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, v.71, 1937, 410p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. **Maracujá**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=10&i=P>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

JUNQUEIRA, N. T. V.; ICUMA, I. M.; VERAS, M. C. M.; OLIVEIRA, M. A. S.; ANJOS, J. R. N. Cultura do Maracujazeiro. In: SILVA, J.M. de M. (Ed.). **Incentivo à Fruticultura no Distrito federal: Manual de Fruticultura**. 2.ed. Brasília: OCDF/COOLABORA, 1999, v. 1, p. 42-52.

JUNQUEIRA, N. T. V.; VERAS, M. C. M.; NASCIMENTO, A. C. do; CHAVES, R. da C.; MATOS, A. P.; JUNQUEIRA, K. P. **A importância da polinização manual para aumentar a produtividade do maracujazeiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 17 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 41).

JUNQUEIRA, N.T.V.; ANJOS, J.R.N.; SILVA. A.P.O.; CHAVES, R.C.; GOMES, A.C. Reação às doenças e produtividade de onze cultivares de maracujá-azedo cultivadas sem agrotóxico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 1005-1010, 2003.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; BORGES, R. de S.; PEIXOTO, J. R.; SANTOS, E. C.; LIMA, C. A. de. **Desenvolvimento de Híbridos de Maracujazeiro-Azedo Para Sistemas de Produção no Cerrado**. 2007. Disponível em:[http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/arquivos\\_maracuja/artigos\\_completos/2\\_16.pdf](http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/arquivos_maracuja/artigos_completos/2_16.pdf).

KISHORE, K.; PATHAK, K.A.; SHUKLA, R.; BHARALI, R. Studies on floral biology of passion fruit (*Passiflora* spp.). **Pak. J. Bot.**, v. 42, n. 1, p. 21-29, 2010.

KUGLER, E.E.; KING, L.A. A brief history of the passionflower. In ULMER, T.; MacDOUGAL, J.M.; ULMER, B. (Ed.). **Passiflora: passion flowers of the World**. Portland: Timber Press, 2004. p. 15-26.

LARANJEIRA, F.F. Problemas e perspectivas da avaliação de doenças como suporte ao melhoramento do maracujazeiro. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p.160-184.

LIBERATO, J.R. Controle das doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides em maracujazeiro. (Ed.). In: ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R. do, MONTEIRO, A.J.A., COSTA, H. **Controle de doenças de plantas: fruteiras**, v.2, Viçosa: UFV, Suprema Gráfica e Editora Ltda., 2002, p.755-811.

LIMA, A. de A. Aspectos fitotécnicos: desafios da pesquisa. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina- DF: Embrapa Cerrados, 2005, p. 643-677.

LIMA, A. DE A.; BORGES A.L. Solo e clima. In: Lima, A. de A. (Ed.). **Maracujá. Produção: Aspectos técnicos**. Embrapa–SPI, Brasília, DF, 2002, p. 25-28.

LIMA, J. L.; SOUZA, J. C.; MACHADO, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, 2008.

LIMA, A de A.; CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. da S.; PIRES, M de M. **Comercialização do maracujazeiro**. EMBRAPA-CNPMPF.(Boletim, 29). 2p., 2006.

LOCATELLI, A. B.; FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; MCELROY, A. Flowering time in oat: genotype characterization for photoperiod and vernalization response. **Field Crops Research**, v. 106, p. 242-247, 2008.

MACIEL, N.; BAUTISTA, D.; AULAR, J. Growth and development of grenadilla plants II.Quantitative architectural aspects. **Fruits**, v.52, p. 93-97, 1997.

MAIA, T. E. de G.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUSA, M. A. de F. Desempenho agronômico de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 31, n. 2, 2009.

MACIEL, G. M.; MALUF, W. R.; SILVA, V. de F.; GONÇALVES NETO, A. C.; NOGUEIRA, D. W.; GOMES, L. A. A. heterose e capacidade combinatória de linhagens de tomateiro ricas em acilaçúcares. **Ciência Agrotécnica**, v. 34, n. 5, 2010.

MALUF, W.R.; SILVA, J.R.; GRATTAPAGLIA, D.; TOMABRAGHINI, M.; CORTE, R.D.; MACHADO, M.A.; CALDAS, L.S. Genetic gains via clonal selection in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.833-841, 1989.

MELETTI, L.M.M.; SOARES-SCOTT, M.D.; PINTO-MAGLIO, C.A.F.; MARTINS, F.P. Caracterização de germoplasma de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.14, n.2, p. 157-162, 1992.

MELETTI, L.M.M. Maracujá ‘Jóia’ (IAC-277), ‘Maracujá-Maçã’, ‘Maracujá Maravilha’ (IAC-275), ‘Maracujá Monte Alegre’ (IAC-273). In: DONADIO, L.C. (Ed.). **Novas variedades Brasileiras de Frutas**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 152-159.

MELETTI, L. M. M.; SANTOS, R.R. dos; MINAMI, K. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar 'composto IAC-27'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 491-498, 2000.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PIKANÇO, M.C. (Ed.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 345-385.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; PASSOS, I. R. S. Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p. 53-78.



MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33 , n.1, p. 83-91, 2011.

MELO, M. A. N. **Determinação da necessidade térmica, adequação de coeficiente da cultura e efeito da irrigação e da adubação nitrogenada na produção do maracujazeiro-amarelo.** 2001, 138p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R. Passion fruit. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical and tropical crops.** Boca Raton: CRC, 1994. v.2, p. 225-241.

MENZEL, C.M.; SIMPSON, D.R. Effect of continuous shading on growth, flowering and nutrient uptake of passion fruit. **Scientia Horticulturae**, v.35, p.77-88, 1988.

MIRANDA, J. F. **Reação de variedades de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f.flavicarpa* Deg.) a bacteriose causada por *Xanthomonas campestris* pv. *passiflorae*.** 2004, 48p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

MONDIN, C. A.; CERVI, A. C.; MOREIRA, G. R. P. Sinopse das espécies de *Passiflora* L. (*Passifloraceae*) do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, s.1, p. 3-27, 2011.

MORTON, J. Passion fruit. In: Morton, J.F. (Ed.). **Fruits of warm climates**, Miami: Florida Fair Books, 1987, p. 320–328.

NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B. Inbreeding depression rates of semi-exotic maize (*Zea mays* L.) populations. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, p.585-592, 1995.

NEVES, C. S. V. J.; CARVALHO, S. K. C. DE; NEVES, P. M. O. J. Porcentagem de frutificação, período de desenvolvimento dos frutos e unidades térmicas para maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, n. 2, p. 128-130. 1999.

OLIVEIRA, J.C. de. **Melhoramento genético de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* visando ao aumento de produtividade**. 1980, 133p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 1980.

OLIVEIRA, J.C.; NAKAMURA, K.; RUGGIERO, C.; FERREIRA F.R. Determinação de fontes de resistência em *Passifloraceas* quanto à morte prematura de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília, **Anais...** v.2, p.403-408.

OLIVEIRA, J.C.; NAKAMURA, K.; MAURO, A. O.; CENTURION, M. A. P. da C. Aspectos gerais do melhoramento do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A. R. **Maracujá, produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1994. p.27-37.

PEIXOTO, MAURO, Problemas e perspectivas do maracujá ornamental. In.:FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Ed.). **Maracujá: Germoplasma e Melhoramento Genético**, Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2005. p. 457-472.

PEREIRA, M.G.; PEREIRA, T.N.S.; VIANA, A.P. Marcadores moleculares aplicados ao melhoramento genético do maracujazeiro. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Ed.). **Maracujá germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005, p. 277-292.

PHILIPS. Artificial lighting in horticulture. In: **Philips lighting**. Netherlands, 1989. 40p.

PIZA JUNIOR, C. de T. **Cultura do maracujá**. Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1993. 71p.

PIZA JÚNIOR, C. T. A cultura do maracujá na região sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ. Jaboticabal, 1998. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1998. p. 20-45.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; PINTO, C.A.B.P. **Genética na agropecuária**. 4.ed. Lavras: UFLA, 2008. 464p.

RODRIGUES, J. M.; RODRIGUES, R. de A.; JUSTINO, F. B.; COSTA, L. C.; AMORIM, M. C. de. Efeitos locais e de larga escala na dinâmica climática do município de Viçosa – Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n.3, p. 593-610, 2010.

RONCATTO, Givanildo et al. Comportamento de maracujazeiros (*Passiflora* spp.) quanto à morte prematura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, 2004.

SAZIMA, M.; I. SAZIMA. 1978. Bat Pollination of the Passion Flower, *Passiflora mucronata*, in Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 10 p. 100-109, 1978.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Mangangavas e irapuás (*Hymenoptera*, Apoidea): visitas, interações e consequências para polinização do maracujá (*Passifloraceae*). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 33, n. 1, p. 109-118, 1989.

SCHIFINO-WITTMANN, M.T.; DALL'AGNOL, M. Auto-incompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, v.32, p.1083-1090, 2002.

SHARMA, R.D.; JUNQUEIRA, N.T.V.; GOMES, A.C. Reação de espécies de *Passiflora* a nematóide-das-galhas. In: REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISAS EM MARACUJAZIRO, 4, 2005. Planaltina, DF: EMBRAPA, **Anais...** p.183-186, 2005.

SILVA, M. M.; BUCKNER, C. H.; PIKANÇO, M.; MOLINA-RUGAMA, A. J. Número floral, clima, densidad poblacional de *Xilocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Revista de Biología Tropical**, v. 47, n. 4, p. 711-718, 1999.

SNOW, N. New chromosome reports in *Passiflora* (*Passifloraceae*). **Systematic Botany**, v.18, n.2, p.261-273, 1993.

SOFI, P. A.; RATHER, A.G.; WARSI, M.Z.K. Implications of Epistasis in Maize Breeding. **International Journal of Plant Breeding and Genetics**, v.1, p.1-11, 2007.

SOUZA, M.M.; PEREIRA, T.N.S. Development of pollen grain in yellow passion-fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*; *Passifloraceae*). **Genet. Mol. Biol.**, v.23, n.2, 2000.

SOUZA, M.M.; PEREIRA, T.N.S.; HOFFMANN, M.; MELO, E.J.T.; LOURO, R.P. Embryo sac development in yellow passion fruit *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passifloraceae). **Genet. Mol. Biol.**, v.25, n.4, 2002.

SOUZA, M.M.; PEREIRA, T.N.S.; MARTINS, E.R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.6, p.1209-1217, 2002.

SOUZA, M. M. ; PEREIRA, T. N. S. ; VIANA, A. P. ; PEREIRA, M. G. ; AMARAL JUNIOR, A. T. ; MADUREIRA, H. C. Flower receptivity and fruit characteristics associated to time of pollination in the yellow passion fruit, *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener (*Passifloraceae*). **Scientia Horticulturae**, v. 101, n. 4, p. 373-385, 2004.

VALLINI, P.C.; RUGGIERO, C.; LAM-SANCHES, A.; FERREIRA, F.R. Studies on the flowering period of yellow passion fruit *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. in the region of Jaboticabal, São Paulo. **Acta Horticulturae**, v.57, p.233-236, 1976.

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. Massachusetts: MIT Press, 1996. 224p.

VASCONCELOS, M.A. da S.; CEREDA, E. O cultivo do maracujá doce. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1994. p.71-83.

VASCONCELLOS, M. A. S.; DUARTE FILHO, J. **Ecofisiologia do maracujazeiro**. Informe Agropecuário. v.21, n. 206, p. 18-24. 2000.

VERAS, M. C. **Fenologia, produção e caracterização físico-química dos maracujazeiros ácido (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) e doce (*Passiflora alata* Dryand) nas condições de Cerrado de Brasília-DF**. 1997, 105p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**.  
Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VIANA, F.N.P.; FREIRE, F.C.O.; CARDOSO, J.E.; VIDAL, J.C. **Principais doenças do maracujazeiro na região Nordeste e seu controle**. Fortaleza, 2003. 11p.  
(Comunicado Técnico 86). Disponível em:  
<[http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Ct\\_086.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Ct_086.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2012.

VIANA, J. M. S.; CRUZ, C. D. ; BARROS, E. G. de. **Genética - Volume I - Fundamentos**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2003, v. 2, 330 p.

WATSON, D.P.; BOWERS, F.A.I. Long days produce flowers on passion fruit. **Hawaii Farm Science**, Honolulu, v.14, n.2, p.3-5, 1965.

## CAPÍTULO 1

### ESTRATÉGIA DE SUPERAÇÃO DA AUTOINCOMPATIBILIDADE DO MARACUJAZEIRO

#### RESUMO

Procedimentos de autofecundação em maracujazeiro (*Passiflora edulis*) são pouco eficientes. A reação de autoincompatibilidade inibe o crescimento do tubo polínico dos grãos de pólen de uma mesma flor ou de flores em plantas incompatíveis entre si. Assim, foi proposta a autofecundação na antese, com excisão dos estigmas, comparada com autopolinizações na antese e no estágio de botão floral. Também foram avaliados três horários de autopolinização (13 h, 13 e 17 h e 17 h). Esses procedimentos e horários foram avaliados em dois genótipos (M7 e N9). Houve significância ( $p \leq 0,05$ ) para interação procedimentos x horários. As autopolinizações na antese sem estigmas, às 13 h e repetidas, no mesmo dia, às 17 h, atingiram percentagens de frutificação de 83,33 % (M7) e 80,56 % (N9). Não houve frutificação nas autopolinizações na antese, às 13 h ou às 17 h, como também na antese, sem estigmas, às 17 h. A nova metodologia proposta, com uma autopolinização, às 13h, na antese sem estigmas, foi eficiente na produção de sementes de maracujazeiro.

**Palavras chave:** *Passiflora edulis* - autoincompatibilidade – esporofítica – endogamia – linhagem

#### INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims.) é planta alógama, devido a autoincompatibilidade (AI) do tipo homomórfica esporofítica (Bruckner et al. 1995). Trata-se de um fenômeno fisiológico de base genética, caracterizado pela incapacidade do pólen em fertilizar sua própria flor e outras flores da mesma planta, além de inviabilizar algumas hibridações de plantas incompatíveis entre si (Rêgo et al. 1999, Rêgo et al. 2000).

Os sistemas de autoincompatibilidade estão divididos em heteromórfico e homomórfico (Suassuna et al. 2003), baseados em diferenças morfológicas, ou não, entre as estruturas florais (Lewis 1994, De Nettancourt 1997, 2000). Existem duas

classes principais para o controle genético da autoincompatibilidade: gametofítica e esporofítica (Schifino-Wittmanne Dall’Agnol, 2002, Charlesworth 2010).

O controle gametofítico é determinado pela presença do alelo S, de uma série de alelos múltiplos, tanto no pólen, quanto no estilete da flor polinizada. Não ocorre fecundação quando os mesmos alelos S estão presentes no grão de pólen e no tecido diplóide do estilete. O pólen germina e a reação de incompatibilidade ocorre impedindo o crescimento do tubo polínico no estilete, pela atuação de RNAses (Newbiggin et al. 1993, Takayama e Isogai 2005). A umidade do estigma favorece a absorção de água pelo grão de pólen e sua conseqüente germinação, mas não o crescimento do tubo polínico (Elleman e Dickinson 1994). Em geral, as espécies com autoincompatibilidade gametofítica liberam pólen na forma binucleada e a segunda mitose, que origina o terceiro núcleo, ocorre no tubo polínico. O gene S é transcrito e traduzido no gametófito, após a segregação dos genes na meiose (Newbiggin et al. 1994, Schifino-Wittmanne Dall’Agnol, 2002).

O controle esporofítico é semelhante ao gametofítico. Contudo, é determinado pelo genótipo diplóide da planta que produz o grão de pólen. Os alelos S do sistema esporofítico se expressam conforme suas diferentes relações de dominância (Nettancourt, 1977). A reação de incompatibilidade ocorre nas células das papilas estigmáticas, com inibição da germinação do pólen pela atuação de glicoproteínas (Newbiggin et al. 1993, Takayama e Isogai 2005). A superfície estigmática é seca e o pólen é liberado na forma trinucleada (Elleman e Dickinson 1994). Nesse caso, o gene S é transcrito e, provavelmente, traduzido antes da meiose, no tecido do esporócito (Newbiggin et al. 1994, Schifino-Wittmanne Dall’Agnol, 2002).

Em maracujazeiro, foi determinado que a autoincompatibilidade é do tipo homomórfica esporofítica (Bruckner et al. 1995), sendo o crescimento do tubo polínico inibido na superfície estigmática (Rêgo et al. 2000). Posteriormente, Suassuna et al. (2003) apontaram a presença de loco gametofítico associado ao sistema esporofítico.

Vários métodos de melhoramento podem ser aplicados no desenvolvimento de cultivares de maracujá (Meletti 2000). Em geral, pretende-se aumentar a frequência de alelos favoráveis, através de seleção massal ou de seleção com testes de progênes, como também, explorar heterose ou vigor híbrido, em variedades sintéticas, compostos (Hallauer e Miranda Filho 1988, Meletti et al. 2000) ou em híbridos a partir de linhagens endogâmicas (Bruckner et al. 2005).

De acordo com os conceitos da genética biométrica (Falconer 1989, Cruz 2005), a exploração da heterose é uma importante estratégia que pode ser implementada pelos

programas de melhoramento. A alta produtividade, a homogeneidade da produção e sua qualidade são os principais avanços do uso do vigor híbrido no melhoramento de plantas (Borém e Miranda 2009). A exploração da heterose tem sido aplicada com sucesso, tanto em espécies alógamas, quanto autógamas, no desenvolvimento de híbridos de milho, tomate e arroz (Hallauer e Miranda Filho 1988, Amaral Júnior et al. 1997, Coimbra et al. 2006, Maciel et al. 2010).

A produção de híbridos envolve cruzamentos entre linhagens endogâmicas, geneticamente divergentes e complementares para as características de interesse (Guimarães et al. 2007). Em plantas alógamas, essas linhagens podem ser obtidas por sucessivas autofecundações ou por cruzamentos entre plantas irmãs (Krug et al. 1943). Com o avanço das gerações autofecundadas, em geral, ocorre ‘perda de vigor’ ou ‘depressão por endogamia’ para as características de interesse comercial, como produtividade e qualidade do produto comercial (Hallauer e Miranda Filho 1988). Contudo, os cruzamentos combinados, entre essas linhagens, permitem a obtenção de híbridos com médias superiores à média dos parentais ou superior a média do parental mais produtivo (Hallauer e Sears 1973, Nass e Miranda Filho 1995).

A explicação da heterose se baseia nas seguintes hipóteses (Shull 1908, Jones 1918, Cruz 2005): A dominância seria responsável pelo vigor híbrido, como resultado da ação e interação de genes dominantes favoráveis às características de interesse; Na sobredominância, a heterozigose é indispensável à manifestação da heterose. Os alelos diferentes em cada loco produzem um efeito conjunto favorável, gerando genótipos relativamente superiores; A epistasia também pode explicar a heterose, cuja complementação entre alelos de locos diferentes influenciam uma determinada característica de interesse. De acordo com Bateson (1909), o efeito de um alelo de um gene pode mascarar o efeito de outro gene, resultando em alterações nas classes de segregação mendelianas. Nos estudos de características quantitativas, que utilizam o modelo aditivo-dominante, a epistasia tem sido desprezada ou considerada de pequeno efeito (Sofi et al. 2007).

O maracujazeiro por ser uma planta alógama, condicionada pela autoincompatibilidade, apresenta limitações para a obtenção linhagens endogâmicas (Bruckner et al. 1995), essenciais à produção de híbridos (Bruckner et al. 2005) e para estudos de herança, a partir de parentais homozigotos contrastantes para as características de interesse.

Para várias espécies há relatos do uso de procedimentos que podem superar a barreira da autoincompatibilidade, como: soluções salinas em *Brassica napus* (Fu et al.



1992) e *B. oleracea* (Carafa e Carratù 1997); induções de mutações em *Pyrus serotina* (Sassa et al. 1997); corte do pistilo em *Convolvulus arvensis* (Westwood et al. 1997); Poliploidização em *Petunia hybrida* (Entani et al. 1999); indução de estresse com compostos de germânio em *Lilium longiflorum* (Tezuka et al. 1997); uso de auxina em *Theobroma cacao* (Hasenstein e Zawada, 2001); aplicação de CO<sub>2</sub> em *Brassica campestris* (Lee et al. 2001); tratamento do estigma com giberelina em *Eruca sativa* (Sun et al. 2005); polinização tardia e ácido giberélico em *Chrysanthemum* sp. (Sun et al. 2011).

Em maracujazeiro (*P. edulis*), autopolinizações na antese não resultaram em frutificação (Ruggiero et al. 1978, Bruckner et al. 1995, Rêgo 1997). Contudo, Akamine e Girolami (1959) relataram pegamento médio de 0,96 % na antese, sendo que numa planta foram obtidos 12 % de frutificação. Knight Jr e Winters (1962) apresentaram médias entre 3 % e 10,9% de frutificação, com autopolinizações na antese. Chang (1972) relatou que autopolinizações na antese resultaram em 4 % de frutificação. Autopolinizações no estágio de botão floral resultaram em percentagens médias de frutificação de 14,8 % (Bruckner et al. 1995) e 29,6 % (Rêgo 1997). Fernandes et al. (1996) obtiveram 16,67% de frutificação, com 2 autopolinizações no estágio de botão floral. Esses procedimentos são pouco eficientes, pois demandam muito tempo e mão-de-obra para atingir baixo percentual de pegamento de frutos. Nesses procedimentos, antes da autopolinização é necessário ensacar grande quantidade de flores e botões, escolher o estágio de maturação desses botões e transferir o pólen de flores na antese para os estigmas receptores.

Portanto, este trabalho teve como objetivo propor metodologia de autofecundação que seja mais eficiente na produção de sementes.

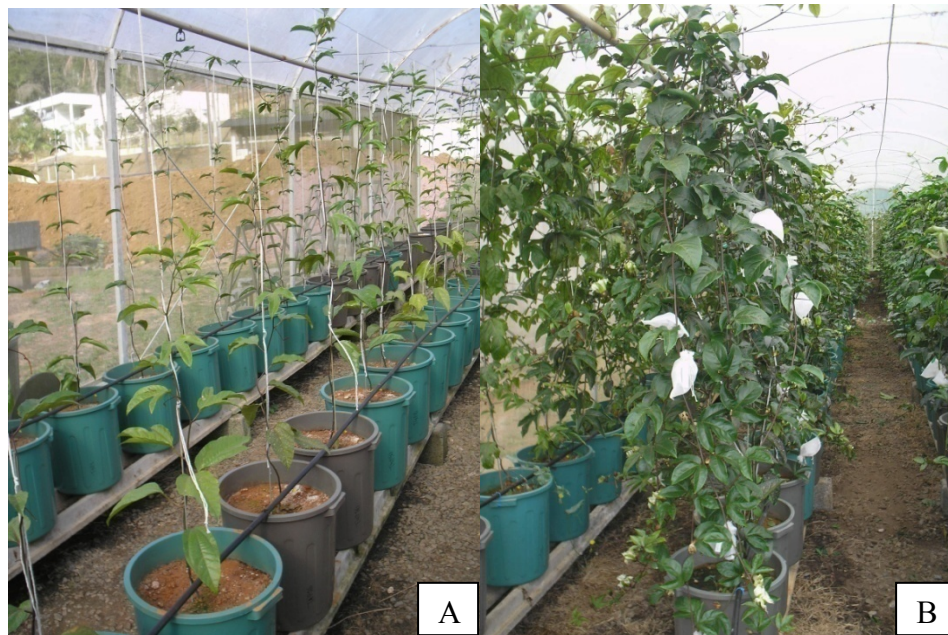
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro e dezembro de 2011, sob condições de casa de vegetação no Setor de Fruticultura, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O município de Viçosa situa-se na Zona da Mata Mineira, ao sudoeste do Estado, sob as coordenadas de 20°45'14''S e 42°52'54''W e altitude de 648 m. o clima é do tipo Cwb (clima tropical de altitude), com invernos secos/frios e verões quentes/úmidos e precipitação média anual de 1.200 mm.

Foram usados dois genótipos (M7 e N9) desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro da UFV. O genótipo M7 é um mutante insensível ao baixo fotoperíodo para florescimento, sob a latitude de 20°45'14''S. Essa planta foi obtida por Flores et al. (2011), através da regeneração in vitro de segmentos nodais, submetidos à radiação gama na dose de 20 Gy. O principal objetivo do trabalho de Flores et al. (2011) foi selecionar mutantes insensíveis ao filtrado da cultura de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Dos 1.326 explantes, sobreviventes à radiação gama, 700 plantas foram regeneradas e submetidas a dois ciclos de seleção in vitro, com 40 e 50 % de filtrado do fungo, respectivamente. As 37 plantas selecionadas, com intensa formação de raízes e alto vigor vegetativo, foram avaliadas em campo, numa área com histórico de fusariose, no Setor de Fruticultura da UFV. A maioria das plantas sobreviveu e, dentre essas, algumas floresceram precocemente e continuaram a emitir botões florais sob fotoperíodos abaixo de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>. O genótipo N9 é normal, quanto à exigência de fotoperíodo para florescimento (acima de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>) e foi obtido a partir de uma progênie desenvolvida pela UFV, com base em ciclos de seleção recorrente para produtividade e qualidade de fruto (Santos et al. 2011).

As plantas utilizadas neste trabalho foram propagadas por estaquia. Foram coletadas estacas em ramos sem sintomas de doenças e não atacados por pragas. As estacas foram coletadas com três gemas, retiradas entre a parte mediana e o ápice de ramos de crescimento anual. Após a eliminação das folhas, as estacas foram plantadas em tubetes (6 x 20 cm) na profundidade de 4 cm, contendo substrato comercial. Foram mantidas em estufa com irrigação por nebulização durante 5 minutos, acionada por 'timer' a cada 1 hora, das 6 às 18 horas. A cada 15 dias foram realizadas pulverizações preventivas com fungicidas e inseticidas/acaricidas. Aos 60 dias, após o plantio, as estacas enraizadas e com brotações foliares foram transplantadas para vasos com volume de 30 L, contendo substrato composto de terra e areia lavada, na respectiva proporção de 2:1. As adubações foram realizadas de acordo com os resultados da análise de fertilidade do referido substrato.

Foi utilizado o sistema de condução em espaldeira vertical, com fio de arame galvanizado número 12, distando 1,8 m do piso da estufa. As mudas foram conduzidas em haste única, com desbrota dos ramos laterais, semanalmente. Quando as hastes ultrapassaram o fio de arame em 20 cm, as mesmas foram curvadas para baixo, formando uma alça. Foram mantidos os ramos secundários e terciários (Figura 1).



**Figura 1.** Aspecto geral do experimento aos trinta dias (A) e aos seis meses (B), após o plantio, UFV/Viçosa-MG, Brasil. Fotos: Lira Júnior, J. S de

Foi proposta a metodologia de autofecundação na antese, com excisão dos estigmas. Essa metodologia foi comparada com autopolinizações na antese e no estágio de botão floral. Também foram testados três horários de autopolinização em dois genótipos de *P. edulis*. Na comparação das metodologias foi adotado o esquema fatorial (2x3x3), em blocos casualizados e com duas repetições. Os blocos foram constituídos por 9 plantas, sendo todas as plantas propagadas por estaquia. A parcela constou de 18 flores, sendo 2 flores por planta por tratamento. O primeiro fator correspondeu aos 2 genótipos (M7 e N9). O segundo fator correspondeu aos 3 procedimentos de autofecundação: autopolinização na antese, autopolinização no estágio de botão floral e autopolinização na antese com excisão dos estigmas. O terceiro fator se referiu aos 3 horários, pré-estabelecidos, para a realização das autopolinizações: uma autopolinização às 13 h; duas autopolinizações, às 13 h e repetida às 17 h, e uma autopolinização às 17 h.

Nas autopolinizações na antese, nos horários das 13 h, 13 e 17 h e 17 h, os botões florais foram ensacados logo após serem emitidos, visando protegê-los da contaminação por pólen exógeno, por ocasião da antese. Esses botões permaneceram ensacados até a antese. Os sacos protetores foram retirados apenas no momento das autopolinizações, conforme os horários pré-estabelecidos. Cada flor foi autopolinizada com seu próprio pólen. Nas autopolinizações no estágio de botão floral, nos horários das 13 h, 13 e 17 h e 17 h, foram escolhidos botões florais sem sintomas aparentes de danos

por pragas ou doenças, com cerca de 40 mm de comprimento, intumescidos e totalmente fechados. Com o auxílio de um estilete manual, os botões foram abertos, transversalmente, na altura do terço médio. Nesse corte foram eliminadas, conjuntamente, as brácteas, as pétalas e as fimbrias, preservando todo o aparelho reprodutor feminino. As anteras, ainda imaturas, também foram eliminadas. Foi utilizado pólen fresco coletado nas flores da mesma planta em antese. Na antese sem estigmas, os botões florais foram ensacados poucas horas antes da abertura das flores. No mesmo dia, após a antese, os estigmas foram excisados através de corte transversal, com auxílio de um estilete retrátil manual. A espessura da porção excisada foi de aproximadamente 1,5 mm. Antes do corte, a lâmina do estilete foi esterilizada com álcool 70%. Imediatamente após a eliminação dos estigmas, foram efetuadas as autopolinizações com pólen da própria flor, nos horários das 13 h, 13 e 17 h e 17 h.

Em todos os tratamentos, as anteras carregadas de pólen foram destacadas dos filetes com o auxílio de uma pinça. Em seguida, essas anteras foram esfregadas, levemente, contra a superfície dos estigmas ou no ápice dos estiletos (sem estigmas), até que quantidade suficiente de pólen ficasse aderido. Imediatamente, após as autopolinizações, as flores e os botões foram ensacados novamente.

O vingamento de frutos foi avaliado aos 7 dias, após as autopolinizações. O número de frutos ‘vingados’ foi transformado em porcentagem de frutificação (FR), multiplicado por 100 e dividido pelo número total de autopolinizações. Foram colhidas amostras de 3 frutos por parcela, por volta dos 70 dias após as autopolinizações, para avaliação das seguintes características: massa do fruto (MF), massa da polpa (MP), rendimento da polpa (RP) e número de sementes (NF). Em algumas parcelas, apenas 1 ou 2 frutos foram analisados. Para efeito de discussão dos resultados, foram incluídos os dados das referidas características, oriundos dos cruzamentos M7 x N9 e N9 x M7, realizados à parte.

Os dados da porcentagem de frutificação (FR), transformados em  $\sqrt{(Y + 0,5)}$ , foram submetidos à análise de variância fatorial e as médias comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os dados originais da massa de fruto (MF), peso de fruto (MP), rendimento de polpa (RP) e número de sementes (NS) foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos, dentro de cada genótipo, agrupadas pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Foram excluídos dessas análises aqueles tratamentos em que não houve frutificação. Utilizou-se o programa computacional em Genética Quantitativa e Estatística Experimental- GENES, vs. 2009.7.0. (Cruz, 2006).

## RESULTADOS

Na Tabela 1, estão apresentadas as frequências (FQ) e percentagens de frutificação (FR), obtidas em dois genótipos de *P. edulis*, submetidos a três procedimentos de autopolinização, realizados em três horários.

**Tabela 1.** Frequências (FQ) e percentagens de frutificação (FR) em dois genótipos de *P. edulis*, a partir de três procedimentos de autopolinização, realizados em três diferentes horários, UFV/Viçosa-MG, Brasil

Genótipos	Procedimentos de autopolinização	Horários da autopolinização					
		13 h		13 e 17h		17 h	
		FQ	FR(%)	FQ	FR(%)	FQ	FR(%)
M7	Antese	0/36	0,00	2/36	5,56	0/36	0,00
	Botão floral	4/36	11,11	7/36	19,44	3/36	8,33
	Antese sem estigma	27/36	75,00	30/36	83,33	0/36	0,00
N9	Antese	0/36	0,00	1/36	2,78	0/36	0,00
	Botão floral	6/36	16,67	8/36	22,22	2/36	5,56
	Antese sem estigma	26/36	72,22	29/36	80,56	0/36	0,00

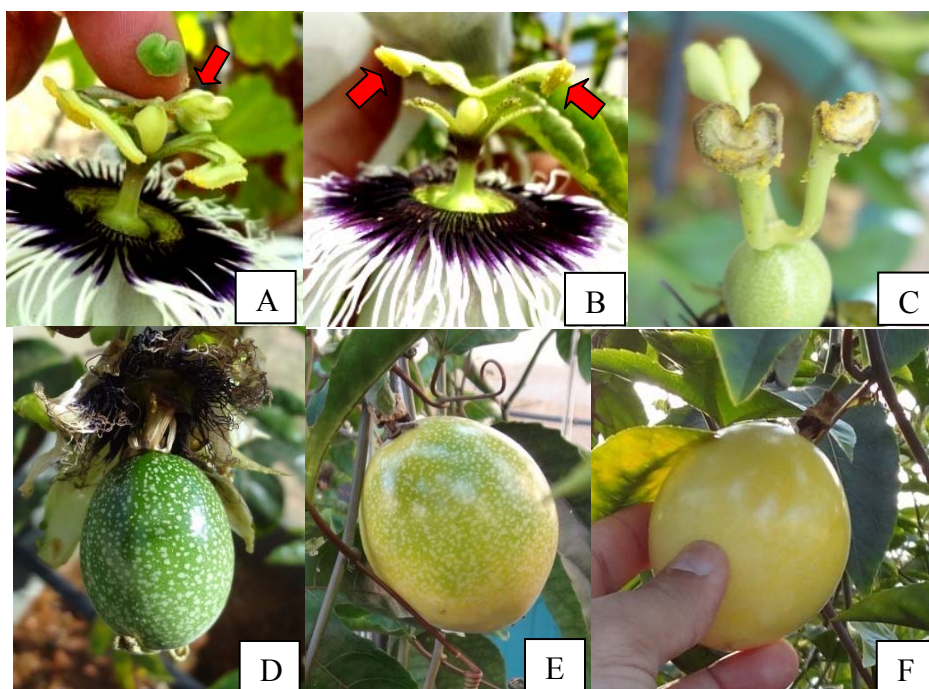
Quando as autopolinizações na antese sem estigmas (Figuras 2A, 2B e 2C) foram efetuadas duas vezes, às 13 h e, repetidas no mesmo dia, às 17 h, a frutificação (Figuras 2D, 2E e 2F) atingiu 83,33 % (M7) e 80,56 % (N9); também foram obtidas altas taxas de 75 % (M7) e 72,22 % (N9), quando as autopolinizações foram realizadas somente uma vez às 13 h; no entanto, não houve formação de nenhum fruto, quando as autopolinizações foram realizadas apenas às 17 h.

No estágio de botão floral (Figuras 3A, 3B e 3C), as duas autopolinizações, às 13 e 17 h, resultaram apenas em 19,44 % (M7) e 22,22 % (N9) de frutificação; com apenas uma autopolinização, às 13 h, a frutificação foi ainda menor, com valores de 11,11% (M7) e 16,67% (N9); quando as autopolinizações foram realizadas somente às 17 h, houve redução da frutificação para 8,33 % (M7) e 5,56 % (N9).

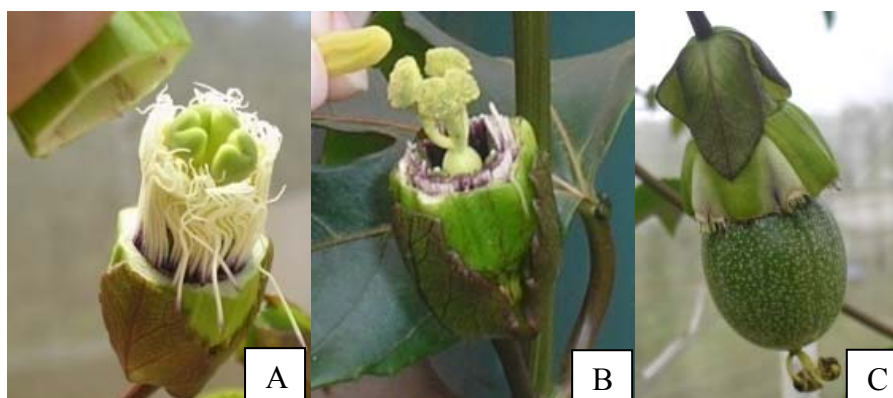
Os piores resultados foram obtidos com autopolinizações na antese (Figura 4A). Com duas autopolinizações, às 13 e 17 h, a frutificação foi de 5,56 % (M7) e 2,78 % (N9); nas autopolinizações efetuadas na antese (Figura 4A), tanto às 13 h, quanto às 17 h, não houve frutificação (Figura 4B).

Não houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para o fator genótipos (Tabela 2). Quando suas flores e botões florais foram submetidos aos diferentes procedimentos e

horários de autopolinização, os genótipos se comportaram de forma semelhante, em relação à percentagem de frutificação (Tabela 3).



**Figura 2.** Eliminação dos estigmas na antese (A), flor sem os estigmas (B), ápice do estilete sem estigma um dia após a autopolinização (C), fruto em desenvolvimento (D) e frutos maduros resultantes de autofecundação (E e F) em *P. edulis*, UFV/Viçosa-MG, Brasil, Fotos: Lira Júnior, J. S de



**Figura 3.** Abertura do botão floral (A), autopolinização (B) e fruto vingado (C) em *P. edulis*, UFV/Viçosa-MG, Brasil, Fotos: Lira Júnior, J. S. de



**Figura 4.** Autopolinização em antese (A) e flor não autofecundada (B) em *P. edulis*, UFV/Viçosa-MG, Brasil. Fotos: Lira Júnior, J. S de.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para percentagem de frutificação (FR) em dois genótipos de *P. edulis*, a partir de três procedimentos de autopolinização, realizados em três diferentes horários, UFV/Viçosa-MG, Brasil

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos (B)	1	0,8574	0,8574	0,0451 <sup>ns</sup>
Genótipos (G)	1	0,8573	0,8573	0,0451 <sup>ns</sup>
Procedimentos (P)	2	16575,78	8287,891	435,9152*
Horários (H)	2	7496,566	3748,283	197,1471*
GxP	2	22,2907	11,1453	0,5862 <sup>ns</sup>
GxH	2	6,8588	3,4294	0,1804 <sup>ns</sup>
PxH	4	9206,105	2301,526	121,0525*
GxPxH	4	39,4372	9,8593	0,5186 <sup>ns</sup>
Resíduo	17	323,2146	19,0126	-
Total	35	33671,97	962,0562	-
Média: 22,37	CV(%): 19,48	-	-	-

\* significativo e ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Foi detectado efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para o fator procedimentos (Tabela 2). O novo procedimento proposto, autopolinização na antese sem estigmas (Figuras 2A, 2B e 2C), resultou nas maiores percentagens de frutificação, diferindo significativamente ( $p \leq 0,05$ ) dos resultados obtidos na antese e no estágio de botão floral (Tabela 3).

Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para o fator horários (Tabela 2). As autopolinizações efetuadas às 13 h e, repetidas no mesmo dia, às 17 h, proporcionaram

as maiores taxas de frutificação, apresentando diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos horários com apenas uma autopolinização (13 ou 17 h) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teste de médias para frutificação (FR) de dois genótipos de *P. edulis*, a partir de três procedimentos de autopolinização, realizados em três diferentes horários, UFV/Viçosa-MG, Brasil

Fatores		Frutificação (%)		
Genótipos (G)		M7 22,53 A	N9 22,22 A	
Procedimentos (P)		Antese 1,38 C	Botão floral 13,88 B	Antese sem estigmas 51,85 A
Horários (H)		13h 29,16 B	13 e 17h 35,64 A	17h 2,31 C
GxP	M7	Antese 1,85 aC	Botão floral 12,96 aB	Antese sem estigmas 52,77 aA
	N9	0,92 aC	14,81 aB	50,92 aA
GxH	M7	13h 28,70 aA	13 e 17h 36,11 aA	17h 2,77 aB
	N9	29,62 aA	35,18 aA	1,85 aB
PxH	Antese	13h 0,00 cB	13 e 17h 4,16 cA	17h 0,00 bB
	Botão floral	13,88 bB	20,83 bA	6,94 aC
	Antese sem estigmas	73,61 aA	81,94 aA	0,00 bB

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na linha ou minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para as interações GxP e GxH (Tabela 2). A frutificação não dependeu do efeito de genótipos avaliados, no entanto, foi influenciada pelos efeitos de procedimentos e horários de autopolinização. A interação PxH foi significativa ( $p \leq 0,05$ ), indicando que os efeitos dos procedimentos, sobre a percentagem de frutificação, dependem dos horários de autopolinização.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados do teste de agrupamento de médias da massa de fruto (MF), peso de fruto (MP), rendimento de polpa (RP) e número de sementes (NS) para dois genótipos de *P. edulis*, submetidos a três procedimentos de autopolinização, realizados em três horários.

Não houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da massa de fruto para o genótipo M7. Com média de 74,33 g, a variação foi de 63,91 a 84,18 g. A maior média foi atingida com duas autopolinizações (13 e 17 h), ou seja, a primeira às 13 h e a segunda, no mesmo dia, às 17 h.



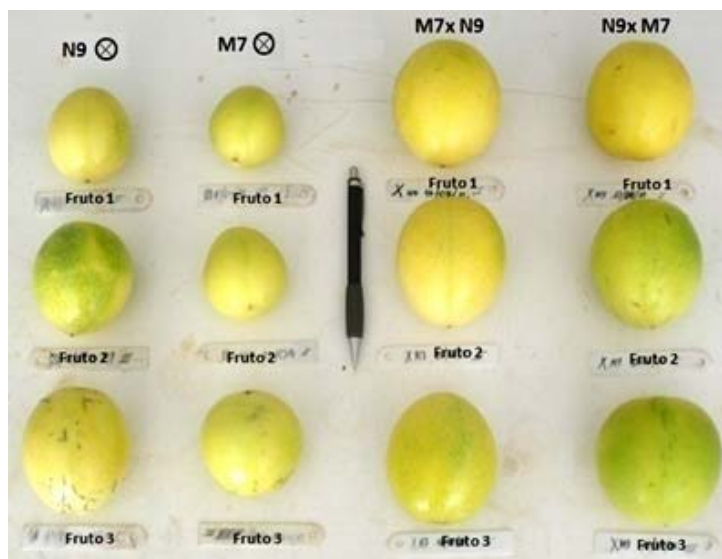
**Tabela 4.** Massa do fruto (MF), massa da polpa (MP), rendimento de polpa (RP) e número de sementes (NS) de dois genótipos de maracujá (*P. edulis*), com base em três procedimentos de autofecundação, realizados em três diferentes horários, UFV/Viçosa-MG, Brasil

Procedimentos de Autopolinização	Horários	Genótipo M7				Genótipo N9			
		MF	MP	RP	NS	MF	MP	RP	NS
Antese	13 e 17h	69,89 (±3,98) a	29,31 (±1,99) a	41,93 (±2,08) a	59 (±2,82) a	136,46 (±5,72) a	64,47 (±2,25) a	47,25 (±1,97) a	167 (±12,72) a
	13h	63,91 (±3,21) a	27,91 (±1,50) a	43,67 (±0,57) a	51 (±4,94) a	117,64 (±3,60) a	52,03 (±1,18) a	44,22 (±2,17) a	158 (± 9,89) a
Botão floral	13 e 17h	84,18 (±1,01) a	32,97 (±3,18) a	39,17 (±0,52) a	66 (±4,45) a	148,19 (±3,55) a	73,48 (±0,94) a	49,58 (±2,21) a	174 (±12,22) a
	17h	71,44 (±0,98) a	27,32 (±3,76) a	38,24 (±2,24) a	55 (±2,82) a	124,22 (±2,48) a	56,61 (±2,07) a	45,57 (±1,06) a	143 (± 9,78) a
Antese sem Estigmas	13h	77,24 (±5,62) a	32,89 (±2,29) a	42,58 (±2,08) a	58 (±2,68) a	132,38 (±1,71) a	61,83 (±1,02) a	46,71 (±0,67) a	159 (± 4,94) a
	13 e 17h	79,37 (±2,72) a	31,82 (±1,95) a	40,09 (±1,37) a	61 (±2,28) a	151,33 (±2,85) a	76,52 (±2,67) a	50,56 (±2,19) a	185 (±14,84) a
Médias	-	74,33	30,37	40,94	58,33	135,03	64,15	47,31	164,33
CV (%)	-	9,85	18,55	8,32	13,33	5,60	5,20	8,22	8,74
M7xN9*	-	173,49	102,26	60,91	339,33	-	-	-	-
N9xM7*	-	-	-	-	-	169,78	105,33	62,15	333,66

±: erro padrão da média; \* cruzamentos realizados com as mesmas plantas propagadas por estaquia, porém em outro experimento à parte. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Dos três valores acima da média, dois foram obtidos no procedimento antese sem estigmas. Quanto ao genótipo N9, também não foi detectado efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da massa de fruto. Com média de 135,03 g, a variação foi de 117,64 a 151,33 g. Os três valores acima da média foram obtidos com duas autopolinizações (13 e 17h); quando comparamos as médias dos cruzamentos M7xN9 e N9xM7 (Tabela 2), obtidos em experimento à parte, verifica-se que houve redução da massa dos frutos provenientes de autofecundação, principalmente, em relação ao genótipo M7 (Figura 5).

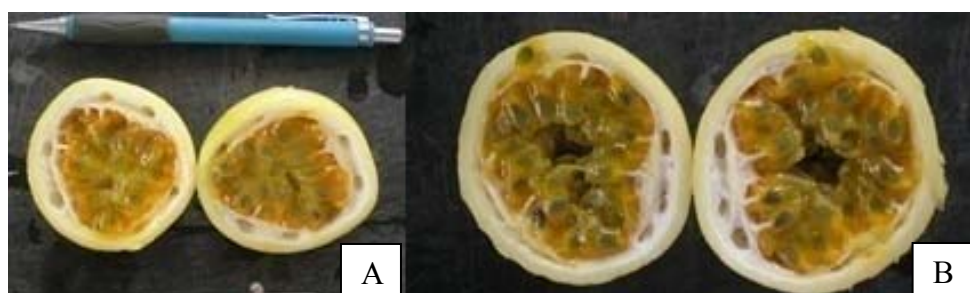
Não foi detectado efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da massa de polpa para o genótipo M7 (Tabela 4). A média foi de 30,37 g, com variação de 27,32 a 32,97 g. Dos três valores acima da média, dois foram obtidos com duas autopolinizações (13 e 17 h). O procedimento na antese sem estigmas proporcionou massa de polpa acima da média. Não foi detectado efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da massa de polpa para o genótipo N9 (Tabela 4). Com média de 64,15 g, houve variação de 52,03 a 76,52 g. Os valores acima da média foram obtidos com duas autopolinizações (13 e 17h), cada valor por um procedimento diferente; as médias dos cruzamentos M7xN9 e N9xM7 (Tabela 4) atingiram valores maiores que a massa média dos frutos obtidos por autofecundação, tanto para o genótipo M7, quanto N9 (Figura 5).



**Figura 5.** Frutos obtidos por autofecundação e cruzamentos entre dois genótipos (M7 e N9) de *P. edulis*, UFV/Viçosa-MG, Brasil. Fotos: Lira Júnior, J. S de

Não houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) do rendimento de polpa para o genótipo M7. A média foi de 40,94 g, variando de 38,24 a 43,67 g. Dos três valores acima da média, dois foram obtidos com autopolinização na antese sem estigmas nos horários das 13h e 13 e 17h. Contudo, o procedimento no botão às 13 h proporcionou a maior média; As médias do rendimento de polpa do genótipo N9 não diferiram significativamente ( $p \leq 0,05$ ). Os valores variaram de 44,22 a 50,56 g, com média de 47,31g. Os dois maiores valores foram obtidos com duas autopolinizações (13 e 17h), sendo o procedimento, antese sem estigmas, aquele que proporcionou a maior média. Quando se compara as médias dos cruzamentos M7xN9 e N9xM7 (Tabela 4), obtidos em experimento à parte, verifica-se que houve redução do rendimento de polpa dos frutos obtidos por autofecundação, para ambos os genótipos (Figura 5).

Não foi detectado efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) entre as médias para o número de sementes do genótipo M7. A média foi de 58,33 sementes por fruto, variando de 51 a 66 sementes por fruto. Os valores acima da média foram atingidos com duas autopolinizações (13 e 17h), sendo que no botão floral foi obtido o maior número de sementes. Não houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) do número de sementes para o genótipo N9. A variação foi de 143 a 185 sementes por fruto, com média de 164,33 sementes por fruto. Os valores acima da média foram obtidos com duas autopolinizações (13 e 17h), com a maior quantidade de sementes produzida na antese sem estigmas. As médias dos cruzamentos M7xN9 e N9xM7 (Tabela 4) atingiram valores maiores que o número de sementes dos frutos obtidos por autofecundação, principalmente, em relação ao genótipo M7 (Figura 6).



**Figura 6.** Polpa e sementes produzidas em frutos de autofecundação (A) e de cruzamentos (B) em *P. edulis*, UFV/Viçosa-MG, Brasil

## DISCUSSÃO

A reação de autoincompatibilidade (AI) ocorre devido à presença de RNAases no estilo quando o sistema de AI é o gametofítico (Takayama e Isogai, 2005) e devido à

presença de glicoproteínas no estigma no caso do sistema esporofítico (Hiscock e Mcinnis2003). Quando existe associação de loco gametofítico ao sistema esporofítico, como verificado em *Brassica* (Lewis et al. 1988, Zuberi, Lewis 1988, Tochigi et al. 2011) e em *Passiflora* (Suassuna et al. 2003), o loco gametofítico atua em determinadas combinações genotípicas, viabilizando o desenvolvimento do tubo polínico e a fertilização dos óvulos quando o esperado seria haver incompatibilidade. Nos casos de associação entre o sistema esporofítico e gametofítico, pode-se considerar que sistema predominante permanece sendo o esporofítico, com a presença de glicoproteínas causando a reação de AI no estigma da flor. Rêgo et al. (2000) verificaram a rejeição ao crescimento do tubo polínico ocorrendo predominantemente no estigma do maracujazeiro. Rêgo (2001) encontrou similaridade entre glicoproteínas envolvidas na AI do maracujazeiro com aquelas de *Brassica*.

As glicoproteínas responsáveis pela reação de AI vão sendo produzidas no tecido estigmático, estando na concentração máxima na antese (Roberts et al. 1979). Segundo Rêgo (1997), as proteínas responsáveis pela AI podem ser encontradas no estigma de maracujazeiro a partir de dois dias antes da antese, aumentando sua presença até a antese. Em várias espécies tem sido buscadas práticas de superação da AI. Polinizações no estágio de botão, com pólen de flor em antese da mesma planta, têm sido realizados em *Brassica* (Kakizaki e Kazai 1933, Odland e Noll 1950, Dewan et al. 1998), em maracujazeiro (Bruckner et al. 1995, Rêgo 1997), em cacau (Dias e Kageyama 1995). Polinizações sucessivas têm sido igualmente tentadas, como em maracujazeiro (Fernandes et al 1996). A realização de autopolinizações no estágio de botão visa realizar a autopolinização antes que as proteínas responsáveis pela AI estejam presentes em níveis que impeçam o desenvolvimento do tubo polínico, viabilizando a autofecundação (Roberts et al. 1979, Bruckner et al. 1995). A realização de autopolinizações sucessivas pressupõem que os agentes responsáveis pela AI sejam neutralizados pela primeira autopolinização, de modo que as polinizações subseqüentes possam gerar tubos polínicos capazes de fertilizar os óvulos. Outros processos como, aplicações de hormônios (Hasenstein e Zawada 2001), soluções salinas (Carafa e Carratù, 1997), CO<sub>2</sub> (Lee et al.2001) e indução de estresse (Tezuka et al 1997), provocam colapso fisiológico e temporário da AI, permitindo a fertilização.

Em relação aos resultados obtidos neste trabalho, tomando-se as autopolinizações realizadas em antese, verifica-se que não houve fertilização nos dois genótipos tanto com a autopolinização realizada às 13 quanto naquela realizada às 17 horas. Por outro lado, ao realizarem-se duas autopolinizações, às 13 e às 17 horas,

houve pequena percentagem de fertilização, 5,56% no genótipo M7 e 2,78% no genótipo N9 (Tabela 1), confirmando a possível neutralização dos agentes responsáveis pela AI na primeira autopolinização, o que viabilizou a fertilização na segunda autopolinização, ainda que em pequena percentagem.

As autopolinizações realizadas no estado de botão floral resultaram em média 13,88% de frutificação (Tabela 1), demonstrando a viabilidade da autofecundação, em ordem de grandeza semelhante ao encontrado por Bruckner et al. (1995), que obtiveram 14,8 %, Rêgo (1997) que obteve 29,6 % e Fernandes et al. (1996) obtiveram 16,67% de frutificação, com 2 autopolinizações no estágio de botão. Também no estágio de botão, a realização de duas autopolinizações aumentou a frutificação, que passou de 11,11% para 19,44% no genótipo M7, e de 16,67% para 22,22% no genótipo N9. A realização de uma autopolinização às 17 horas, entretanto, reduziu a frutificação em relação àquela realizada às 13 horas. Provavelmente haja mais glicoproteínas presentes no estigma com o passar das horas, mesmo no botão, possibilidade aventada por Roberts et al.(1979).

As autopolinizações realizadas na antese, mas com a excisão do estigma geraram as maiores taxas de frutificação, em média 51,85 % (Tabela 1). Os dados dão suporte à hipótese de que as glicoproteínas, presentes no estigma, podem ser removidas por meio da excisão do mesmo, e que o grão de pólen é capaz de germinar e iniciar o crescimento do tubo polínico no tecido do estilo. Neste procedimento, também, a realização de duas autopolinizações proporcionou aumento de frutificação nos dois genótipos, passando de 75% para 83,33% no genótipo M7 e de 72,22% para 80,56% no genótipo N9. A realização da autopolinização às 17 horas, por outro lado, não se mostrou viável neste procedimento. Provavelmente, a baixa umidade relativa do ar, no final da tarde, provocou a desidratação dos tecidos, resultando no insucesso da autopolinização às 17 horas. De acordo com Souza et al. (2004), as menores taxas de receptividade estigmática foram obtidas após as 17 h, com 55%, em abril, e 11%, em dezembro. Esse resultado demonstra que, além da reação de autoincompatibilidade, a época e a hora tardia da polinização influenciam negativamente a frutificação.

O comportamento semelhante dos genótipos, quanto à percentagem média de frutificação (Tabela 2), indica que os procedimentos e horários de autopolinização afetaram igualmente os genótipos M7 e N9.

Os procedimentos e horários de autopolinização não alteraram, significativamente ( $p \leq 0,05$ ), as características dos frutos, dentro de cada genótipo (Tabela 4). Contudo, entre os genótipos houve diferenças para massa de fruto, massa da polpa, rendimento de polpa e número de sementes. Esses resultados indicam que as

variações médias, entre os genótipos, não devem ser atribuídas aos diferentes procedimentos e horários de autopolinização, mas ao efeito dentro de cada genótipo em resposta à autofecundação. Mesmo sem haver efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) entre médias, dentro de genótipos, verifica-se que na massa da polpa, na quantidade de sementes e, em menor intensidade, na massa da polpa, os valores acima da média foram atingidos com duas autopolinizações (13 e 17 h) na antese sem estigmas. As duas autopolinizações provavelmente viabilizaram o crescimento de maior número de tubos polínicos e, conseqüentemente, de maior quantidade de sementes. A correlação entre massa do fruto e número sementes foi verificada por Akamine e Girolami (1959) e Hardin (1986).

Os frutos obtidos por autofecundação foram menores e tiveram menos sementes do que os frutos dos mesmos genótipos obtidos em cruzamentos, M7xN9 ou N9xM7 (Tabela 4, Figuras 5 e 6). A redução é mais perceptível no genótipo M7. Esses resultados sugerem que existem diferenças entre os dois genótipos na reação de autoincompatibilidade. Segundo Lewis (1954) e Hatakeyama (1998), existe relação de dominância entre os alelos na autoincompatibilidade esporofítica e a intensidade de autoincompatibilidade pode variar entre os alelos segundo seu grau de dominância.

Do ponto de vista de procedimentos de realização de autofecundações para fins de obtenção de linhagens ou estudos genéticos, a excisão do estigma apresentou as maiores percentagens de sucesso, principalmente se forem realizadas duas autopolinizações. Contudo, destaca-se que a autopolinização na antese sem estigmas somente às 13 h, requer menos mão-de-obra e quantidade de flores a serem manuseadas, em relação às duas autopolinizações (13 e 17 h). Com a autopolinização às 13 h na antese sem estigmas, não há necessidade de reservar e proteger flores extras, nem voltar no final da tarde para a segunda autopolinização às 17 h, facilitando o processo.

## CONCLUSÕES

1. A autopolinização na antese, com excisão dos estigmas, é eficiente na autofecundação do maracujazeiro (*Passiflora edulis*).
2. As maiores percentagens de frutificação foram obtidas com duas autopolinizações, às 13 h e, repetidas, às 17 h.
3. Com uma autopolinização, às 13 h, na antese sem estigmas, a taxa de frutificação também é alta e necessita de pouca mão-de-obra e menor quantidade de flores a ser manuseada.

4. Houve produção de sementes em quantidades satisfatórias por fruto para gerar uma nova população endogâmica.

## REFERÊNCIAS

AKAMINE, E.K.; GIROLAMI G. **Pollination and fruit set in the yellow passion fruit**. 1.ed. Hawaii: University of Hawaii, 1959, 44p.

AMARAL JÚNIOR, A.T.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; FINGER, F.L.; SCAPIM C. A. Melhoramento do tomateiro: II. Procedimento de Gardner e Eberhart na análise heterótica de características morfoagronômicas e da qualidade dos frutos. **Bragantia**, v.56, n.1, p. 33-46, 1997.

BATESON, W. **Mendel's principles of heredity**. Cambridge: Cambridge University Press, 1909, p. 396.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2009, 529p.

BRUCKNER, C.H.; MELETTI, L.M.M.; OTONI, W.C.; ZERBINI JÚNIOR, F.M. Maracujazeiro, In: C. H. BRUCKNER, (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**, Viçosa: UFV, 2002, p. 373-409.

BRUCKNER, C.H.; SUASSUNA, T.M.F.; RÊGO, M.M.; NUNES, E.S. Autoincompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético, In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005, p. 317-338.

BRUCKNER, C.H.; CASALI, V.W.D.; MORAES, C.F.; REGAZZI, A.J.; SILVA, E.A.M. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Hort**, v.370, p. 45-57, 1995.

BRUCKNER, C.H.; SILVA, M.M.; FALLEIRO, T.M.; ANDRADE, B.B.; MOREIRA, A.E. Viabilidade do pólen de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Ceres**, v. 47, p. 523-531, 2000.

CARAFÁ, A.M.; CARRATU, G. Stigma treatment with saline solutions: a new method to overcome self-incompatibility in *Brassica oleracea* L. *Journal of Horticultural Science*, v. 2, p. 531-535, 1997.

CHANG, C.C. Studies on unfruitfulness of the yellow passion fruits growing in Taiwan. *Taiwan Agriculture Quarterly*, v. 10, 78-89, 1974.

CHARLESWORTH, D. Self-incompatibility. **F1000 biology reports**, v. 2, p. 68-74, 2010.

COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G.V.; TEIXEIRA, F.F.; NAOE, L.K.; DEITOS, A.; SOUZA, L.V.; MELO, A.V.; MELLO, M.P. Estratificação ambiental e análise de adaptabilidade de genótipos de milho baseada em análise de fatores. **Revista Ciência Agroambiental**, v. 1, p. 27-34, 2006.

CRUZ, C.D. **Princípios de Genética Quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005, 394 p.

DE NETTANCOURT, D. Incompatibility in angiosperms. **Sexual Plant Reproduction**, v.10, p.185-199, 1997.

DE NETTANCOURT, D. **Incompatibility and incongruity in wild and cultivated plants**. Berlin: Springer, 2000. 320p.

DEWAN D. B.; RAKOW, G.; DOWNEY, R. K. Growth and yield of doubled haploid lines of oilseed *Brassica rapa*. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 78, n. 4, p. 537-544, 1998.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Combining ability for cacao (*Theobroma cacao* L.) yield components under southern Bahia conditions. **Theor. Appl. Genet.** v. 90, p.534-541, 1995.

DUVICK, D.N. Influence of morphology and sterility on breeding methodology, In: FREY, K. J. (Ed.). **Plant breeding**. Iowa: Iowa State University Press, 1967, p. 85-138.



ELLEMAN, C. J.; DICKINSON, H. G. Pollen-stigma interaction during sporophytic self-incompatibility in *Brassica oleracea*. In: WILLIAMS, E. G.; CLARKE, A. E.; KNOX, R. B. **Advances in cellular and molecular biology of plants: genetic control of self incompatibility and reproductive development in flowering plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. v. 2, p. 67-87.

ENTANI, T.; TAKAYAMA, S.; IWANO, M.; SHIBA, H.; CHE, F.S.; ISOGAI, A. Relationship between polyploidy and pollen self-incompatibility phenotype in *Petunia hybrida* Vilm. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.63, p. 1882-1888, 1999.

FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. 3. ed. New York: Longman Scientific and Technical, 1989, 438 p.

FERNANDES, A.A.; RÊGO, M.M.; BRUCKNER, C.H.; PEREIRA, K.J.C.; RANGEL, A.R.P. Comparação entre técnicas de autofecundação em maracujazeiro *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14, 1996, Curitiba, **Anais...** Londrina: IAPAR, p. 334.

GOOD, R.L.; HALLAUER, A.R. Inbreeding depression in maize by selfing and full-sibbing. **Crop Science**, v. 17, p. 935-940, 1977.

GUIMARÃES, PS; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; LÜDERS, R.R.; SOUZA, A.P.; LABORDA, P.R.; OLIVEIRA, K.M. Correlação da heterose de híbridos de milho com divergência genética entre linhagens. **Pesq. agropec. bras.** v. 42, n. 6, 2007.

HALLAUER, A.R. Method's use in developing maize inbreeds. **Maydica**, v. 35, p. 1-16, 1990.

HALLAUER, A.R.; SEARS, J.H. Changes in quantitative traits associated with inbreeding in a synthetic variety of maize. **Crop Science**, v.13, p. 327-330, 1973.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University Press, 1988, 468p.

HARDIN, L.C. Floral biology and breeding system of the yellow passion fruit, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 30, p. 35-44, 1986.

HASENSTEIN, K.H.; ZAVADA, M.S. Auxin modification of the incompatibility response in *Theobroma cacao*. **Physiol. Plant**, v. 112, p. 113-118, 2001.

HATAKEYAMA K.; TAKASAKI, T.; WATANABE, M.; HINATA K. Molecular Characterization of S Locus Genes, SLG and SRK, in a Pollen-Recessive Self-Incompatibility Haplotype of *Brassica rapa* L. **Genetics**. v. 149, p. 1587-1597, 1998.

HISCOCK S.J; MCINNIS, S. M. Pollen recognition and rejection during the sporophytic self-incompatibility response: *Brassica* and beyond. *Trends Plant Sci.* v.12, p. 606-613, 2003.

KAKIZAKI, Y.; KASAI T. Bud pollination in cabbage and radish. Some examples of conspicuous "pseudo-fertility" in normally self-incompatible plants. **Journal of Heredity**. v. 24, n. 9, p. 359-360.

KNIGHT JR, R.J., AND H.F. WINTERS, Pollination and fruit set of yellow passion fruit in southern florida. **Florida State Horticultural Society Proceedings**, v. 75, p. 412-418, 1962.

KNIGHT JR., R.J.; WINTERS, H.F. Effects of selfing and crossing in the yellow passion fruit. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v.76, 415-418, 1963.

KRUG, C.A.; VIÉGAS, G.P.; PAOLIERI, L. 1943: Híbridos comerciais de milho. **Bragantia**, v. 3, p. 367-552, 1943.

LEE, S.H.; HONG, M.Y.; KIM, S.; LEE, J.S.; KIM, B.D.; MIN, B.H.; BAEK, N.K.; CHUNG, Y.Y. Controlling self-incompatibility by CO<sub>2</sub> gas treatment in *Brassica campestris*: structural alteration of papillae cell and differential gene expression by increased CO<sub>2</sub> gas. **Mol Cells**, v. 11, p. 186-191, 2001.

LEWIS, D. Comparative incompatibility in angiosperms and fungi. **Advances in Genetics**, v. 6, p. 235-285, 1954.

LEWIS, D. Gametophytic-sporophytic incompatibility. In: WILLIAMS, E. G.; CLARKE, A. E.; KNOX, R. B. **Advances in cellular and molecular biology of plants: genetic control of self incompatibility and reproductive development in flowering plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. v. 2, p. 88-101.

LEWIS, D., VERMA, S. C., ZUBERI, M. I. Gametophytic-sporophytic incompatibility in the Cruciferae – *Raphanus sativus*. *Heredity*, v. 61, p. 355-366, 1988.

MACIEL, G.M.; MALUF, W.R.; SILVA, V.F.; GONÇALVES NETO, A.C.; NOGUEIRA, D.W.; GOMES, L.A.A. Heterose e capacidade combinatória de linhagens de tomateiro ricas em açúcares. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1161-1167, 2010.

MELETTI, L.M.M. Maracujá 'Jóia' (IAC-277), 'Maracujá-Maçã', 'Maracujá Maravilha' (IAC-275), 'Maracujá Monte Alegre' (IAC-273), In: L. C. DONADIO, (Ed.). **Novas variedades Brasileiras de Frutas**, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000, p. 152-159.

MELETTI, L.M.M.; SANTOS, R.R.; MINAMI, K. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar 'composto IAC-27'. **Scientia Agricola**, v.57, p. 491-498, 2000.

NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B. Inbreeding depression rates of semi-exotic maize (*Zea mays* L) populations. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, p. 585-592, 1995.

NETTANCOURT, D. **Incompatibility in Angiosperms**. Berlin: Springer-Verlag, 1977. 230 p.

NEWBIGIN, E., ANDERSON, M.A., CLARKE, A. E. Gametophytic self-incompatibility systems. **The Plant Cell**, v.5, p.1315-1324, 1993.

NEWBIGIN, E.; ANDERSON, M. A.; CLARKE, A. E. Gametophytic self-incompatibility in *Nicotiana glauca*. In: WILLIAMS, E. G.; CLARKE, A. E.; KNOX, R. B. Advances in cellular and molecular biology of plants: genetic control of self incompatibility and reproductive development in flowering plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. v. 2, p.5-18.

ODLAND, M. L.; NOLL, C. J. The utilization of cross-compatibility and self-incompatibility in the production of F1 hybrid cabbage. **Proc Amer Soc Hort Sci**, v. 55, p. 391-402.

ROBERTS, I.N.; STEAD, A.D.; OCKENDON D.J.; ANDON, A. glycoprotein associated with the acquisition of the self-incompatibility system by maturing stigmas of *Brassica oleracea*. **Planta**, v. 146, p. 179–183, 1979.

RUGGIERO, C.; LAM-SANCHEZ, A.; LIPOLI, A.C. Estudos sobre autopolinização, desenvolvimento do ovário e curvatura dos estiletes em flores de maracujá amarelo *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.1, p. 257-264, 1978.

RÊGO, M.M. **Genética, interação pólen-pistilo e expressão de proteínas na auto-incompatibilidade do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims.)**. 1997.66 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

RÊGO, M.M.;BRUCKNER, C.H.; SILVA, E.A.M.;FINGER, F.L.;SIQUEIRA, D.L.;FERNANDES, A.A. Self-incompatibility in passion fruit: evidence of two locus genetic control. **Theor Appl Genet**, v. 98, p. 564-568, 1999.

RÊGO, M.M.; RÊGO, E.R.; BRUCKNER, C.H.; SILVA, E.A.M.; FINGER, F.L.; PEREIRA, K.J.C. Pollen tube behavior in yellow passion fruit following compatible and incompatible crosses. **Theor Appl Genet**, v. 101, p. 685-689, 2000.

SASSA, H.; HIRANO, H.; NISHIO, T.; KOBAYASHI, T. Style-specific self-compatible mutation caused by deletion of the S-RNase gene in Japanese pear (*Pyrus serotina*). **The Plant Journal**, v. 12, p. 223-227.

SHULL, G.H. The composition of a field of maize. **American Breeding Association Reports**, v. 4, p. 296-301, 1908.

SOFI, P.; RATHER, A.G.; WARSI, M.Z.K. Implications of epistasis in maize breeding. **International Journal of Plant Breeding and Genetics**, v. 1, p.1-11, 2007.

SOUZA, M.M.; PEREIRA, T.N.S.; MARTINS, E.R. Microsporogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 1209-1217, 2002.

SOUZA, M.M.; PEREIRA, T.N.S.; VIANA, A.P.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JR, A.T.; MADUREIRA, H.C. Flower receptivity and fruit characteristics associated to time of pollination in the yellow passion fruit *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Degener (*Passifloraceae*). **Scientia Horticulture**, v. 101, p. 373-385, 2004.

SUASSUNA, T.M.; BRUCKNER, C.H.; CARVALHO, R.; BORÉM, A. Self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. **Theor Appl Genet**, v. 106, p. 298-302, 2003.

SUN, W.; PAN, Q.; LIU, Z.; MENG, Y.; ZHANG, T.; WANG, H.; ZENG, X. Overcoming self-incompatibility in *Eruca sativa* by chemical treatment of stigmas. **Plant Genetic Resources**, v.3, p. 13-18, 2005.

TAKAYAMA, S.; ISOGAI, A. Self-incompatibility in plants. *Annual Review of Plant Biology*, v. 56, p. 467-489, 2005.

TEZUKA, T.; TSURUHARA, A.; SUZUKI, H.; TAKAHASHI, S.Y. A Connection between the Self-Incompatibility Mechanism and the Stress Response in Lily. **Plant Cell Physiol**, v.38, p. 107-112, 1997.

TLNGDONG, F.; PING, S.; XIAONI, Y.; GUANGSHENG, Y. Overcoming self-incompatibility of *Brassica napus* by salt (NaCl) spray. **Plant Breeding**, v. 109, p. 255-258, 1992.

TOCHIGI, T.; UDAGAWA, H.; LI, F.; KITASHIBA, H.; TAKESHI NISHIO, T. The self-compatibility mechanism in *Brassica napus* L. is applicable to F1 hybrid breeding. **Theor Appl Genet.**, v. 123, p. 475-482, 2011.

VASAL, S. K.; DHILLON, B. S.; SRINIVASAN, G.; MCLEAN, S. D.; CROSSA, J.; ZHANG, S. H. Effect of S3 recurrent selection in four tropical maize populations on their selfed and randomly mated generations. **Crop Science**, v. 35, p. 697-702, 1995.

WESTWOOD, J.H.; TOMINAGA, T.; WELLER, S. C. Characterization and breakdown of self-incompatibility in field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). **The Journal of Heredity**, v. 88, p. 459-465, 1997.

ZUBERI, M. I., LEWIS, D. Gametophytic-sporophytic incompatibility in the Cruciferae-*Brassica campestris*. **Heredity**, v. 61, p. 367-377, 1988.

## CAPÍTULO 2

### HERANÇA DA SENSIBILIDADE DA INDUÇÃO FLORAL AO FOTOPERÍODO EM MARACUJAZEIRO

#### RESUMO

Plantas mutantes de *Passiflora edulis* Sims., capazes de florescer sob fotoperíodo reduzido, foram identificadas no programa de melhoramento genético do maracujazeiro, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Este trabalho objetivou determinar o número mínimo de locos e o tipo de interação intra-loco e inter-locos, envolvidos no controle do início do florescimento de um genótipo mutante de maracujazeiro, insensível à variação de fotoperíodo, sob latitude de 20°45'14''S. Na progênie de autofecundação do genitor insensível (M7) mutante, a hipótese de três locos não foi rejeitada pelo teste do  $\chi^2$ . Sua relação fenotípica esperada, 27:37 (insensível:normal), e o número de plantas observado, 13:19 (insensível:normal), atingiu a máxima probabilidade associada de 85,79 %, caso rejeitada a hipótese. Na soma do número observado (insensível:normal) do cruzamento (M7 x N9) e seu recíproco (N9 x M7), a hipótese de três locos também não foi rejeitada pelo teste  $\chi^2$ . Sua relação fenotípica esperada, 1:7 (insensível:normal), e o número de plantas observado, 7:56 (insensível:normal), obteve a probabilidade associada de 73,88 %, caso rejeitada a hipótese. A insensibilidade ao fotoperíodo (PI), exibida pelo genitor M7, é controlada por, no mínimo, três locos em heterozigose (PI<sub>1</sub>, PI<sub>2</sub> e PI<sub>3</sub>), com relação de dominância completa entre os alelos.

**Palavras-chave:** *Passiflora edulis* – controle genético– precocidade – autofecundação

#### INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims., Passifloraceae) é uma espécie típica de clima tropical, pertencente ao grupo de plantas de dias longos (Nave et al. 2010). Exigente em fotoperíodo e temperatura, a planta necessita no mínimo de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup> e temperaturas médias mensais de 20°C para que haja indução floral e ótimo

desenvolvimento de frutos (Watson e Bowers 1965; Piza Júnior 1993; Meletti et al. 2000).

Em geral, as regiões localizadas entre baixas latitudes, ou seja, mais próximas à linha do Equador, apresentam condições ideais para cultivo comercial do maracujazeiro (Vallini et al. 1976). Essas condições favorecem a brotação foliar, florescimento, vingamento e desenvolvimento adequado de frutos (Junqueira et al. 1999; Lima e Borges 2002; Borges e Lima 2009).

Importantes regiões produtoras de maracujá estão localizadas em latitudes acima de 15° Sul. Nessas regiões, a redução do fotoperíodo e da temperatura que ocorrem durante o inverno, afetam negativamente a safra de maracujá (Ferreira et al. 2002). Fotoperíodos menores que 11 h de luz.dia<sup>-1</sup> e temperaturas médias mensais abaixo de 15 °C, ocasionam sazonalidade na produção comercial de maracujá (Menzel e Simpson 1994; Vasconcellos e Duarte Filho 2000).

Segundo Junqueira et al. (1999), temperaturas abaixo de 15°C retardam a abertura de flores e reduzem a taxa de vingamento de frutos, mesmo que polinizado manualmente. Philips (1989) observou que plantas cultivadas com iluminação artificial, após o pôr do sol, podem aumentar a quantidade de flores emitidas.

O entendimento do controle genético da insensibilidade ao baixo fotoperíodo facilitará a incorporação deste fenótipo em cultivares ou híbridos, que poderão ser recomendados para as regiões situadas em maiores latitudes. Além disso, esses mutantes permitem o entendimento do controle genético da insensibilidade ao fotoperíodo na indução floral em maracujazeiro.

A herança e a variação de várias características de interesse podem ser estudadas a partir da análise de gerações, separando os indivíduos em classes e adequando-as às proporções mendelianas (Viana et al. 2003). Atualmente, na literatura especializada não há relatos sobre o tipo de interação, alélica ou gênica, envolvido na resposta do florescimento ao fotoperíodo em espécies da família Passifloraceae. Os estudos sobre o controle genético do florescimento estão concentrados nas espécies, tais como: milho (Lima et al. 2008) soja (Bonato e Vello 1999), aveia (Locatelli et al. 2008) e fruteiras de maior impacto sócio-econômico, como pessegueiro e macieira (Quezada 2000; Kotoda et al. 2010).

Em geral, os estudos de herança são realizados a partir de análises dialélicas ou de gerações F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e retrocruzadas com seus genitores (Cruz et al. 2005). Essas gerações são derivadas de genitores homocigotos e contrastantes para as características de interesse. Em espécies autógamas, como a soja, os genitores são linhas puras com seus



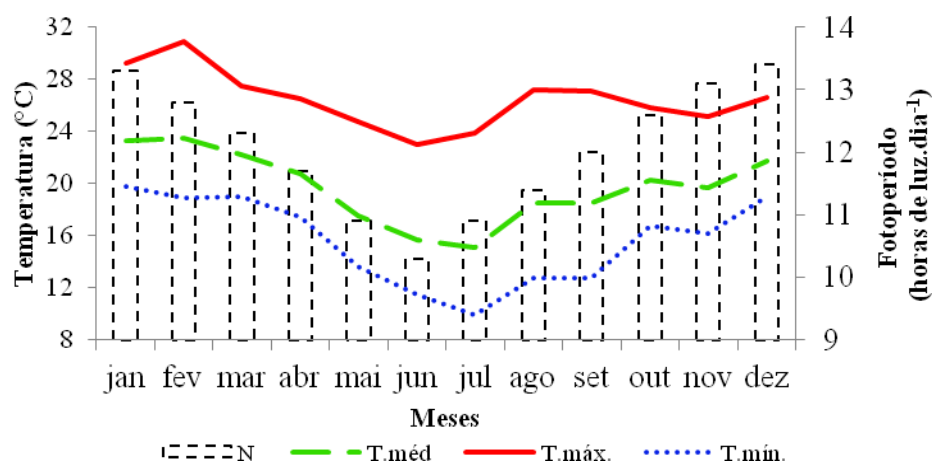
locos em homozigose. Nas espécies alógamas, tal como o milho, são utilizadas linhagens endogâmicas com alto grau de homozigose, desenvolvidas por programas de melhoramento de híbridos.

O maracujazeiro é uma planta alógama, favorecida pela autoincompatibilidade (Bruckner et al. 1995; Suassuna et al. 2003; Rêgo et al. 1999, Rêgo et al. 2000). A autoincompatibilidade dificulta o desenvolvimento de linhagens endogâmicas, que ainda não são usadas na produção de híbridos de maracujazeiro, bem como em estudos de herança. Entretanto, mediante autopolinizações no estágio de botão, é possível a obtenção de progênies úteis no estudo de herança.

Este trabalho teve como objetivo determinar o número mínimo de locos e o tipo de interação intra-loco e inter-locos envolvidos no controle do início do florescimento de um genótipo de maracujazeiro insensível ao fotoperíodo, visando contribuir para o desenvolvimento de cultivares insensíveis ao baixo fotoperíodo para cultivo em regiões de maiores latitudes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação no Setor de Fruticultura, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O município de Viçosa situa-se na Zona da Mata Mineira, ao sudoeste do Estado, sob as coordenadas de 20°45'14''S e 42°52'54''W e altitude de 648 m. o clima é do tipo Cwb (clima tropical de altitude), com invernos secos/frios e verões quentes/úmidos e precipitação média anual de 1.200 mm. A distribuição mensal do fotoperíodo e da temperatura, referentes ao período de avaliação, estão apresentados na Figura 1. Os dados de fotoperíodo foram obtidos pela subtração entre as horas do nascer e pôr do sol, junto ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFV e Centro de Previsão CPTEC/INPE. As temperaturas foram registradas por um aparelho Datalogger, mantido dentro da casa de vegetação.



**Figura 1.** Distribuição mensal do fotoperíodo (N) para a latitude de 20° (Hopkins 1999; Varejão 2006) e temperaturas máxima (T.máx.), média (T.méd.) e mínima (T.mín.) do período de condução do experimento (DEA/UFV)

Foram usados como genitores dois genótipos (M7 e N9) desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro da UFV. Foram avaliados os dois genitores, propagados via estaquia, e quatro progênies, obtidas via sementes, sendo duas progênies oriundas da autofecundação de cada um dos genótipos (M7 $\otimes$  e N9 $\otimes$ ) e duas progênies obtidas do cruzamento e seu recíproco entre os genótipos mencionados (M7 x N9 e N9 x M7). O genótipo M7 é um mutante insensível ao baixo fotoperíodo para florescimento, sob a latitude de 20°45'14''S. Essa planta foi obtida por Flores et al. (2011), através da regeneração in vitro de segmentos nodais, submetidos à radiação gama na dose de 20 Gy. O principal objetivo do trabalho de Flores et al. (2011) foi selecionar mutantes insensíveis ao filtrado da cultura de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Dos 1.326 explantes, sobreviventes à radiação gama, 700 plantas foram regeneradas e submetidas a dois ciclos de seleção in vitro, com 40 e 50 % de filtrado do fungo, respectivamente. As 37 plantas selecionadas, com intensa formação de raízes e alto vigor vegetativo, foram avaliadas em campo, numa área com histórico de fusariose, no Setor de Fruticultura da UFV. A maioria das plantas sobreviveu e, dentre essas, algumas floresceram precocemente e continuaram a emitir botões florais sob fotoperíodos abaixo de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>. O genótipo N9 é normal quanto à exigência de fotoperíodo para florescimento (acima de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>) e foi obtido a partir de uma progênie desenvolvida pela UFV, com base em ciclos de seleção recorrente para produtividade e qualidade de fruto (Santos et al. 2011).

Os genótipos M7 e N9, inicialmente presentes no campo, foram propagados por estaquia e conduzidos em casa de vegetação. As plantas foram conduzidas em haste única com desbrotas laterais, realizadas semanalmente. Quando as plantas ultrapassaram em 20 cm o fio de arame, esticado a 1,80 m de altura, foram escolhidas duas brotações laterais para formarem os cordões horizontais com cerca de 1 m de comprimento, sendo um para cada lado do fio. Para formação da ‘cortina’, as brotações surgidas, na posição vertical, foram mantidas e suas gavinhas eliminadas até 50 cm abaixo do fio.

As estacas foram coletadas com três gemas, retiradas entre a parte mediana e o ápice de ramos de crescimento anual. Após a eliminação das folhas, as estacas foram plantadas em tubetes (6 x 20 cm) na profundidade de 4 cm, contendo substrato comercial. Foram mantidas em casa de vegetação sob nebulização durante 5 minutos, acionada por cronômetro a cada 1 hora, das 6 às 18 horas. A cada 15 dias foram realizadas pulverizações preventivas com fungicidas e inseticidas/acaricidas. Aos 60 dias, após o plantio, as estacas enraizadas e com brotações foliares foram transplantadas para vasos com volume de 30 L, contendo substrato composto de terra e areia lavada, na respectiva proporção de 2:1. As adubações foram realizadas de acordo com os resultados da análise de fertilidade do referido substrato (Tabela 1). Os cálculos de adubação foram proporcionais ao volume de substrato por vaso. O substrato foi mantido próximo da capacidade de campo através de irrigação localizada, utilizando-se um gotejador por vaso (Spray microjet) com vazão de 14 lph, sob 1 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabela 1** Resultados da análise de fertilidade do substrato

pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al
(H <sub>2</sub> O)	(mg/dm <sup>3</sup> )		(cmolc/dm <sup>3</sup> )			
5,7	4,0	12	0,6	0,4	0,0	0,17
SB	CTC(t)	CTC(T)	V		MO	P-rem
	(cmolc/dm <sup>3</sup> )		(%)		(Dag/Kg)	(ml/L)
1,03	1,03	1,20	86		1,2	23,5

Nestas plantas foram realizadas autofecundações e cruzamentos recíprocos entre os genótipos e coletadas estacas em ramos sem sintomas de doenças e/ou não atacados por pragas. As autofecundações e cruzamentos foram realizadas de acordo com as recomendações de Bruckner et al. (1995) e Bruckner e Otoni (1999). Os frutos foram colhidos, para extração das sementes, quando com cerca de 30% da casca com

coloração amarelada (Coelho et al. 2010). A extração das sementes e sua propagação foram realizadas de acordo com Ferreira (2000) e Siqueira e Pereira (2001).

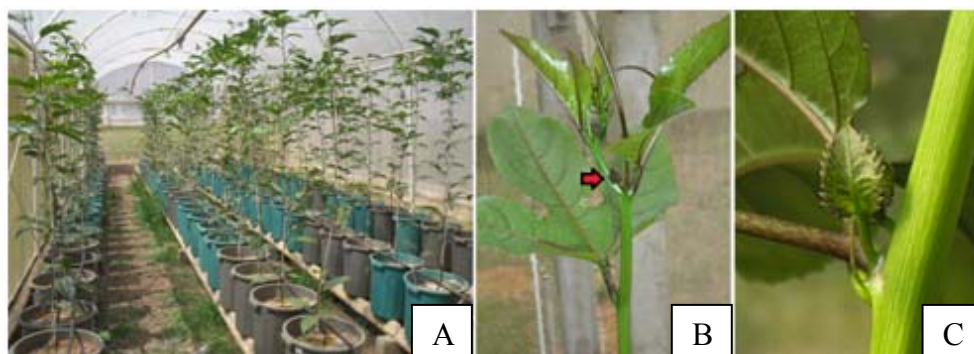
Das plantas (M7 e N9), propagadas por estaquia, conforme descrito acima foram coletadas as sementes de autofecundação e híbridas e obtidas as estacas dos genitores, todos destinados à produção das mudas para o ensaio em casa de vegetação.

Aos 60 dias após a semeadura e plantio das estacas, as mudas foram transplantadas, no dia 05/05/2011, para vasos de 30L com uma planta por vaso. Foi utilizado como substrato composto de terra e areia lavada, na respectiva proporção de 2:1. As adubações foram realizadas de acordo com os resultados da análise de fertilidade (Tabela 1). Durante todo o experimento, as mudas foram mantidas sob condições de casa de vegetação com telas laterais anti-afídeos e teto coberto com filme plástico transparente. Foram dispostas trinta e duas plantas por genitor (M7 e N9), progênie de autofecundação (M7 $\otimes$  e N9 $\otimes$ ) e progênie híbrida (M7xN9 e N9xM7), totalizando 192 plantas (Figura 2A).

As adubações foram realizadas de acordo com os resultados da análise de fertilidade do substrato. O cálculo de adubação foi realizado proporcionalmente ao volume por vaso. O substrato foi mantido úmido através da irrigação localizada, onde cada vaso continha um gotejador tipo 'Spray microjet', com vazão de 14 lph sob 1 kgf/cm<sup>2</sup>. Foi utilizado o sistema de condução em espaldeira vertical, com fio de arame galvanizado número 12, distando 1,8 m do solo. As mudas foram conduzidas em haste única, com desbrota dos ramos laterais, semanalmente. Quando as hastes ultrapassaram o fio de arame em 20 cm, as mesmas foram curvadas para baixo, formando uma alça. Foram mantidos os ramos secundários e terciários para avaliação da época de florescimento.

Foram pré-estabelecidos dois períodos de avaliação, considerando as variações do fotoperíodo e temperatura ao longo do ano (Figura 1): Período 1 - entre os meses de maio/2011 e agosto/2011, caracterizado pela época fria/seca e de baixo fotoperíodo; Período 2 - entre os meses de setembro/2011 até dezembro/2012, caracterizado pela época quente/úmida e de alto fotoperíodo.

Foi avaliado o número de plantas florescidas durante os dois períodos pré-estabelecidos. O início do florescimento foi computado a partir da emissão de botões florais na axila foliar, verificados a olho nu (Figuras 2B e 2C). A avaliação foi realizada semanalmente, até que todas as plantas florescessem.



**Figura 2.** Distribuição das plantas na estufa (A), ramo com emissão de botão floral (B) e emissão do botão floral do genótipo M7 (C)

As plantas foram separadas em duas classes: plantas insensíveis ao fotoperíodo, que floresceram durante a época fria/seca e fotoperíodo menor que 11 horas de luz.dia<sup>-1</sup>; plantas normais, que floresceram durante a época quente/úmida e fotoperíodo acima de 11 horas de luz.dia<sup>-1</sup>. Utilizando o teste qui-quadrado  $\chi^2$ , as proporções fenotípicas (insensível:normal) observadas e esperadas foram comparadas sob diferentes hipóteses genéticas ou relações fenotípicas esperadas (1:1, 1:3, 1:7; 2:6, 2:7; 3:5, 3:13, 6:10, 9:7, 9:23 e 27:37). Essas relações fenotípicas esperadas foram obtidas com base em diferentes combinações entre os possíveis genótipos dos genitores. Foram considerados 1, 2 ou 3 locos em heterozigose, com relação de dominância completa. Para o teste  $\chi^2$  foram consideradas trinta e duas plantas das progênes M7 $\otimes$ , M7xN9 e N9xM7. Foram rejeitadas as hipóteses em que:  $\chi^2$  calculado  $\geq$   $\chi^2$  tabelado. Visando verificar o efeito de herança materna entre os cruzamentos, foi realizado o teste  $\chi^2$  para heterogeneidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional em Genética Quantitativa e Estatística Experimental GENES (Cruz 2006). O valor  $\chi^2$  foi obtido pela seguinte expressão:

$$\chi^2 = \sum_i \left[ \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right]$$

$O_i$  = Número de plantas observado para a classe avaliada;

$E_i$  = Número de plantas esperado para a classe avaliada.

## RESULTADOS

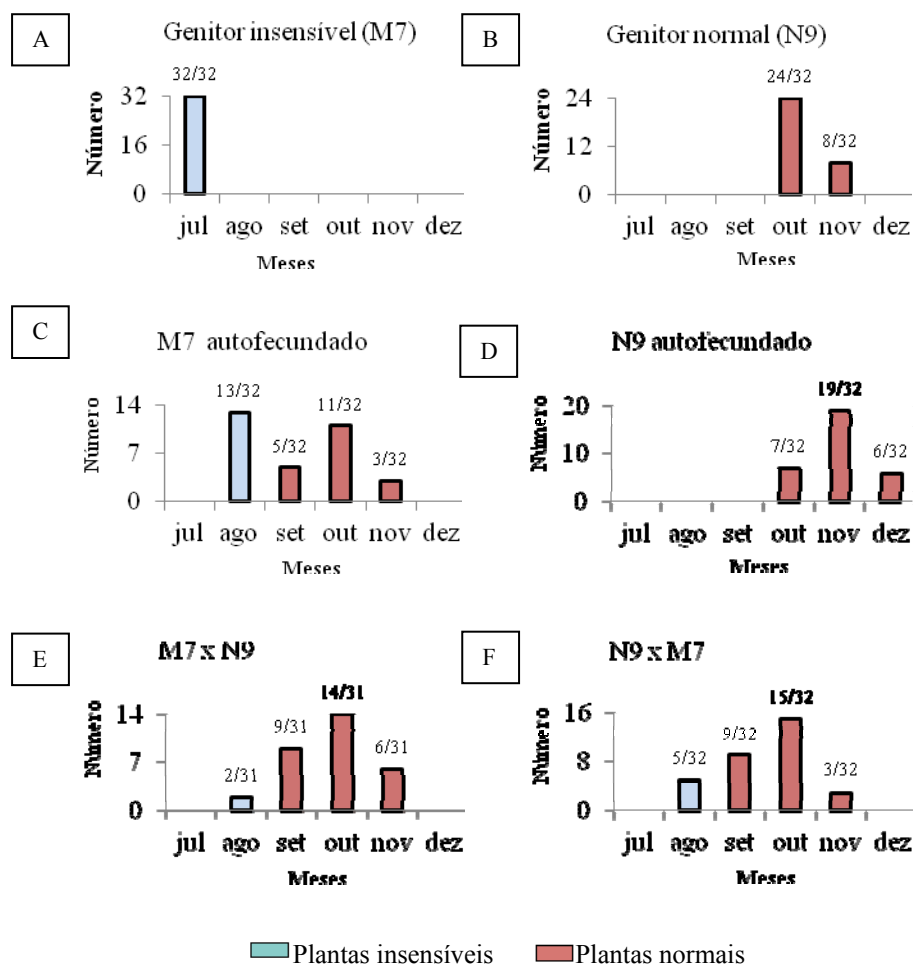
Os genitores M7 (insensível) e N9 (normal), propagados por estaquia, iniciaram o florescimento em períodos distintos de fotoperíodo e temperatura (Figura 1). Confirmou-se a insensibilidade do genitor M7 ao fotoperíodo abaixo de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>, iniciando o florescimento no mês de julho (Figura 3A), sob reduzido fotoperíodo (Figura 1). O genitor N9 iniciou o florescimento entre outubro e novembro (Figura 3B), ou seja, após o estabelecimento do período de maior temperatura e de fotoperíodo favorável acima de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup> (Figura 1). A progênie M7 $\otimes$  segregou para plantas de florescimento insensível e normal (Figura 3C), sugerindo que tal genitor seja heterozigoto para os locos de interesse e que a insensibilidade é caráter dominante. A progênie N9 $\otimes$  não segregou, exibindo apenas o fenótipo normal para o início de florescimento, indicando ausência de alelos necessários à insensibilidade no genótipo N9. As progênies dos cruzamentos M7xN9 e N9xM7 também segregaram (Figuras 3E e 3F), demonstrando que a insensibilidade ao fotoperíodo, exibido pelo genitor M7, pode ser herdado pelos seus descendentes.

A distribuição exibida pelas progênies M7 $\otimes$ , M7xN9 e N9xM7 (Figuras 3C, 3E e 3F), demonstra que as respectivas classes de segregação insensível e normal se ajustaram, adequadamente, ao padrão de segregação pré-estabelecido, considerando a insensibilidade ao fotoperíodo como uma característica de distribuição discreta. Esses resultados estão de acordo com a hipótese de que poucos genes estão envolvidos na insensibilidade da indução floral ao fotoperíodo do genitor M7.

A progênie M7 $\otimes$  se ajustou à segregação em duas classes pré-estabelecidas (insensível:normal). Das trinta e duas plantas avaliadas, treze iniciaram o florescimento com fotoperíodo abaixo de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>, durante a época fria/seca (Figuras 1 e 3). As outras dezenove plantas floresceram com fotoperíodo acima de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>, durante a época quente/úmida (Tabela 2). A hipótese de controle por três locos, com relação fenotípica esperada de 27:37, não foi rejeitada pelo teste do  $\chi^2$ . A máxima probabilidade associada seria de 85,79 %, caso essa hipótese fosse rejeitada. Esse resultado indica que a insensibilidade ao fotoperíodo do genitor M7 é controlada por, no mínimo, três locos em heterozigose (Tabela 2), caracterizando interação gênica. As possíveis combinações genotípicas (Tabela 2), associadas às relações fenotípicas esperadas, indicam que a relação entre os alelos, desses três locos, é de dominância completa. A insensibilidade ao fotoperíodo, exibida pelas plantas da progênie M7 $\otimes$ , possivelmente se expressa quando os três locos, conjuntamente, se apresentam em homozigose dominante AABBCC ou em heterozigose A\_B\_C\_. A hipótese com dois locos em heterozigose, com relação fenotípica esperada de 9:7 (insensível:normal), apesar de não ter sido rejeitada, apresentou baixo nível de significância, de 7,47% (Tabela 2). A hipótese 3:1 (insensível:normal), com um loco em heterozigose, foi

rejeitada com a máxima probabilidade associada de 0,00 % (Tabela 2), caso rejeitada a hipótese.



**Figura 3.** Número de plantas observado em duas classes de início de florescimento (insensível e normal) para os respectivos genitores contrastantes (M7 e N9) e suas progênies autofecundadas (M7 $\otimes$  e N9 $\otimes$ ) e híbridas (M7xN9 e N9xM7) de maracujazeiro

**Tabela 2.** Hipóteses testadas para o genitor insensível (M7) autofecundado

Locos controlando o caráter	Genótipo do mutante	RF (I:N)	Segregação		$\chi^2$	P (%)
			NO (I:N)	NE (I:N)		
1	Cc	3:1	13:19	24:8	20,16	0,00
2	BbCc	9:7	13:19	18:14	3,17	7,47
3	AaBbCc	27:37	13:19	13,5:18,5	0,03	85,79

RF = relação fenotípica esperada; NO = número observado; NE = número esperado;  $\chi^2$  = valor qui-quadrado calculado; P = probabilidade; I = planta insensível; N = planta normal

O desvio mede a significância da hipótese sobre o controle genético da característica avaliada, com base no número total observado 7:56 (insensível:precoce) dos grupos M7xN9 e N9xM7. O  $\chi^2$  para heterogeneidade, obtido por diferença entre os valores  $\chi^2$  total e desvio, mede a concordância entre os grupos, validando a hipótese da nulidade; conforme resultados apresentados no item ‘Soma do cruzamento M7xN9 e recíproco M7xN9 (Tabela 5), as hipóteses 3:13 e 1:7 não foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$ , com probabilidades associadas de 12,03% e 73,88%, respectivamente (Tabela 3). Esses resultados indicam que a sensibilidade da indução floral ao fotoperíodo, expressa pelo genitor M7, é controlada, no mínimo, por três locos em heterozigose, corroborando os resultados apresentados nas Tabelas 2, 4 e 5; Quanto à heterogeneidade, não se rejeita a hipótese de que há concordância entre o cruzamento M7xN9 e seu recíproco M7xN9 (Tabela 3). As probabilidades associadas foram de 35,10% e 27,10% para as hipóteses 3:13 e 1:7, respectivamente.

**Tabela 3.** Teste de heterogeneidade para os cruzamentos, considerando o genitor insensível triplo-heterozigoto e o genitor normal triplo-homozigoto

Cruzamentos	NO	Hipóteses			
		3:13		1:7	
		$\chi^2$	P(%)	$\chi^2$	P(%)
Insensível x Normal	2:29	3,07	7,93	1,03	30,85
Normal x Insensível	5:27	0,20	65,05	0,28	59,29
Total	7:56	3,28	19,37	1,32	51,61
Desvio	-	2,41	12,03	0,11	73,88
Heterogeneidade	-	0,86	35,10	1,21	27,10

RF = relação fenotípica esperada; NFL = Número de locos em heterozigose; I = planta insensível; N = planta normal; NO = número observado; NE = número esperada;  $\chi^2$  = valor qui-quadrado calculado; P = probabilidade

O número de plantas observado (NO) foi somado dentro de cada classe de segregação do cruzamento M7xN9 (Tabela 4) e seu recíproco N9xM7 (Tabela 5). Esse NO somado de 7:56 (insensível:normal) foi submetido ao teste  $\chi^2$ , sob treze hipóteses, baseadas no número de locos homozigotos e/ou heterozigotos; A alta probabilidade do genitor M7 ser triplo heterozigoto, conforme apresentado na Tabela 2, apresentou concordância com os resultados da Tabela 5; Três hipóteses não foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$ ; A hipótese 1:7 atingiu a maior probabilidade associada (73,88 %). Essa hipótese (1:7) considerou o genitor normal (N9) triplo homozigoto recessivo e o genitor insensível (M7) triplo heterozigoto; Na hipótese 3:13 (insensível:normal) a probabilidade associada atingiu 12,03 %, que considerou dois locos homozigotos



recessivos e um loco heterozigoto, para o genitor normal (N9), e três locos heterozigotos para o genitor insensível (M7). As outras hipóteses (1:1, 1:3, 3:5, 6:10, 2:6, 2:7, 9:23) foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$ .

Das trinta e uma plantas avaliadas do cruzamento M7xN9, duas iniciaram a emissão de botões florais durante o período frio/seco, com fotoperíodo abaixo de 11 h luz.dia<sup>-1</sup> (Figuras 1 e 3). As outras vinte e nove plantas floresceram normalmente, ou seja, iniciaram a emissão de botões florais a partir do estabelecimento da época quente/úmida, com fotoperíodo acima de 11 h luz.dia<sup>-1</sup> (Figuras 1 e 3). Das treze hipóteses testadas (Tabela 4), três não foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$ . Dentre essas três hipóteses, todas testando três locos, a maior probabilidade associada (30,85%) foi atingida pela relação fenotípica esperada de 1:7 (insensível:normal). Essa hipótese (1:7) considerou o genitor normal (N9) com três locos em homozigose recessiva e o genitor insensível (M7) com três locos em heterozigose (Tabela 4). A hipótese 3:13 (insensível:normal) obteve uma probabilidade associada de 7,93%, considerando o mesmo genitor insensível triplo-heterozigoto e o genitor normal com apenas um loco em heterozigose e os outros dois locos em homozigose recessiva. As hipóteses 2:6 e 9:23 (insensível:normal) foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$  (Tabela 4), respectivamente. A hipótese 2:6 partiu do genitor insensível (M7) triplo heterozigoto e o genitor normal (N9) triplo homozigoto, sendo dois locos recessivos e um loco dominante, cuja probabilidade associada foi de 1,70%, caso rejeitada a hipótese (Tabela 4). Quando o genitor normal (N9) foi testado com dois locos em heterozigose e apenas um loco homozigoto recessivo, mantendo-se o genitor insensível (M7) triplo heterozigoto, a probabilidade associada caiu para 0,72% (Tabela 4). As relações fenotípicas esperadas 1:1, 1:3, 3:5, 6:10 e 2:7 (insensível:normal) foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$ , com probabilidades associadas variando de 0,00 a 3,46%, caso rejeitadas as hipóteses (Tabela 4). Essas hipóteses testaram um, dois ou três locos controlando a sensibilidade da indução floral ao fotoperíodo.

Das trinta e duas plantas avaliadas do cruzamento recíproco N9xM7, cinco floresceram durante o período frio/seco com fotoperíodo abaixo de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup> (Figuras 1 e 3). As outras vinte e sete plantas iniciaram a emissão de botões florais quando houve o estabelecimento da época quente/úmida, com fotoperíodo acima de 11 h luz.dia<sup>-1</sup> (Figuras 1 e 3). Das treze hipóteses testadas, sete não foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$  (Tabela 5). Contudo, dentre essas sete hipóteses, a maior probabilidade associada (65,06%), caso rejeitada a hipótese, foi atingida pela relação fenotípica

esperada de 3:13 (insensível:normal). Nessa hipótese (3:13), o genitor normal (N9) apresenta dois locos homocigotos recessivos e um loco heterocigoto, e o genitor insensível (M7) triplo heterocigoto.

**Tabela 4.** Hipóteses testadas para o cruzamento ‘insensível x normal’

Locos controlando o caráter	Genótipos		RF (I:N)	Segregação		$\chi^2$	P (%)
	Insensível	Normal		NO (I:N)	NE (I:N)		
1	Cc	Cc	1:1	2:29	15,5:15,5	23,51	0,00
2	BbCc	BBcc	1:1	2:29	15,5:15,5	23,51	0,00
		Bbcc	3:5	2:29	11,6:19,4	12,75	0,03
		Bbcc	1:3	2:29	7,8:23,2	12,75	0,03
3	AaBbCc	AABBcc	1:1	2:29	15,5:15,5	23,51	0,00
		AABbcc	6:10	2:29	11,6:19,4	12,75	0,03
		Aabbcc	2:6	2:29	7,8:23,2	5,68	1,70
		AaBBcc	6:10	2:29	11,6:19,4	12,75	0,03
		AaBbcc	9:23	2:29	8,7:22,3	7,20	0,72
		Aabbcc	3:13	2:29	5,8:25,2	3,07	7,93
		aaBBcc	2:7	2:29	6,9:24,1	4,46	3,46
		aaBbcc	3:13	2:29	5,8:25,2	3,07	7,93
Aabbcc	1:7	2:29	3,8:27,2	1,03	30,85		

RF = relação fenotípica esperada; I = planta insensível; N = planta normal; NO = número observado; NE = número esperada;  $\chi^2$  = valor qui-quadrado calculado; P = probabilidade

**Tabela 5.** Hipóteses testadas para o cruzamento ‘normal x insensível’ e soma das classes de segregação do cruzamento M7xN9 e seu recíproco N9xM7

Locos controlando o caráter	Genótipos		RF (I:N)	Segregação		$\chi^2$	P(%)	Soma M7xN9 e N9xM7	
	Normal	Insensível		NO (I:N)	NE (I:N)			NO (7:56)	P(%)
								$\chi^2$	P(%)
1	cc	Cc	1:1	5:27	16:16	15,12	0,01	38,11	0,00
2	BBcc	BbCc	1:1	5:27	16:16	15,12	0,01	38,11	0,00
			3:5	5:27	12:20	6,53	1,05	18,71	0,00
			1:3	5:27	8:24	1,50	22,06	6,48	1,09
3	AABBcc	AaBbCc	1:1	5:27	16:16	15,12	0,01	38,11	0,00
			6:10	5:27	12:20	6,53	1,05	18,71	0,00
			2:6	5:27	8:24	1,50	22,06	6,48	1,09
			6:10	5:27	12:20	6,53	1,05	18,71	0,00
			9:23	5:27	9:23	2,47	11,57	9,02	0,26
			3:13	5:27	6:26	0,20	65,06	2,41	12,03
			2:7	5:27	7,1:24,9	0,80	36,93	4,50	3,38
			3:13	5:27	6:26	0,20	65,06	2,41	12,03
aabbcc	1:7	5:27	4:28	0,28	59,29	0,11	73,88		

RF = relação fenotípica esperada; I = planta insensível; N = planta normal; NO = número observado; NE = número esperada;  $\chi^2$  = valor qui-quadrado calculado; P = probabilidade

Outra alta probabilidade associada (59,29%), caso rejeitada a hipótese, foi obtida pela hipótese 1:7 (insensível:normal). Nessa hipótese (1:7) o genitor normal (N9) é triplo homocigoto recessivo e o genitor M7 triplo heterocigoto. As relações fenotípicas esperadas de 2:7, 1:3, 2:6 e 9:23 (insensível:normal) também não foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$ . Entretanto, suas respectivas probabilidades associadas (Tabela 5), atingiram valores mais baixos (36,93%, 22,06%, 22,06% e 11,57%) em relação às probabilidades associadas das hipóteses 3:13 e 1:7. As hipóteses 1:1, 3:5 e 6:10 (insensível:normal) foram rejeitadas pelo teste  $\chi^2$  (Tabela 5).

## DISCUSSÃO

Conforme esperado, o genótipo N9 floresceu apenas quando o fotoperíodo se manteve igual ou acima de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup> e a temperatura média do ar em torno de 20 °C. Esse comportamento fenológico está de acordo com as exigências do maracujazeiro em luminosidade e temperatura, conforme descrições de Watson e Bowers (1965), Vallini et al. (1976), Menzel e Simpson (1994), Vasconcellos e Duarte (2000) e Nave et al. (2010). De acordo com Cavichioli et al. (2006), a redução do fotoperíodo prejudica o florescimento, a frutificação e a produtividade do maracujazeiro.

O início do florescimento do genótipo M7, sob fotoperíodo menor que 11 h de luz.dia<sup>-1</sup> e temperatura média do ar em torno de 16 °C, confirmou sua insensibilidade, contrastante em relação ao genótipo N9, tal como as cultivares comerciais de maracujá. O florescimento de todas as plantas do genótipo M7, no mês de julho, pode ter sido influenciado pela propagação por estaquia, em relação às plantas do M7 $\otimes$ , que foram propagadas por sementes e floresceram a partir do mês de agosto (Figuras 3A e 3C). Plantas propagadas por estaquia podem ter menor juvenilidade que plantas originadas de sementes.

De acordo com Cavichioli et al. (2006), no Sudeste do Brasil, o período produtivo da cultura concentra-se nos meses de dezembro a julho, e os maiores preços da fruta são obtidos entre agosto e novembro, devido à diminuição da oferta do produto, que está relacionada à menor duração do período luminoso durante os meses mais frios.

A indução floral envolve a interação de fitocromos com a produção de hormônios na folha e translocação até a gema florífera (Levy e Dean 1998; Castro et al. 2005). Os estímulos que desencadeiam a indução floral são ativados ou inibidos pela concentração na folha de uma molécula protéica fotorreceptora (fitocromo), convertida nas formas P<sub>730</sub> ou P<sub>660</sub>, respectivamente (Kendrick e Frankland 1981). Durante o dia, a radiação na

faixa do vermelho (500 a 600 nm) promove a conversão do fitocromo P<sub>660</sub> em P<sub>730</sub>. Na ausência de luminosidade, o fitocromo P<sub>730</sub> é lentamente revertido em P<sub>660</sub>. Sob fotoperíodo longo, o aumento gradativo, da concentração da forma P<sub>730</sub>, promove a diferenciação vegetativa para floral, nas plantas de dias longos, tal como o maracujazeiro, e inibe o florescimento em plantas de dias curtos (Hopkins 1999). Contudo, alguns trabalhos relatam que a interrupção da duração da noite (nictoperíodo) exerce maior influência sobre a indução floral, do que a interrupção do fotoperíodo (Taiz e Zeiger 1998).

O estímulo hormonal é denominado de ‘florigeno’ e pode ser transmitido enxertando-se plantas induzidas ao florescimento em plantas não induzidas (Hopkins 1999). A teoria do florigeno foi proposta em 1936, pelo fisiologista russo Mikhail Khristoforovich Chailakhyan. Contudo, o ‘florigeno’ como substância que proveria o florescimento, ainda não foi totalmente esclarecido. Alguns estudos mostram que o ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) é um dos hormônios mais envolvidos na indução do florescimento e que pode substituir o requerimento de fotoperíodo em plantas de dias longos submetidas à fotoperíodos curtos (Bernier et al. 1988). Ataíde et al. (2006) relataram que em maracujazeiro o GA<sub>3</sub> não proporcionou efeito significativo sobre o número total de flores.

Em *Arabidopsis thaliana* L., planta de dia longo, o gene CONSTANS (CO) se expressa quando os dias se tornam mais longos (Suarez-Lopez et al. 2001; Valverde et al. 2004), promovendo nas folhas a tradução da proteína FT. Em seguida, sugere-se que a proteína FT se desloque da folha para o meristema apical e interaja com o fator de transcrição FD bZIP, induzindo o florescimento (Abe et al. 2005; Teper e Bamnolker e Samach 2005; Corbesier et al. 2007; Mathieu et al. 2007).

A indução floral, frente às variações de fotoperíodo e temperatura do ambiente, não depende apenas da interação entre os genes que codificam proteínas específicas envolvidas no florescimento. As atividades catalíticas enzimáticas podem ser ativadas ou inibidas por cofatores íons metálicos e vitaminas (Ferreira et al 2010). Esses ativadores podem ou não se ligar aos sítios específicos das várias classes de enzimas (oxiredutases, transferases, hidrolases, liases, isomerases e ligases) e dependem de fatores como temperatura, pH, concentração enzimática e de substrato. Heo et al (2012) relataram que a atividade da proteína XLG2, que promove a ligação para um subconjunto de genes integrantes da floração em *Arabidopsis*, depende da ativação pelo cofator Ca<sup>2+</sup>.

Em função da segregação verificada na progênie M7 $\otimes$  (Tabela 2), pode-se descartar a hipótese de que os locos controladores da insensibilidade do florescimento ao fotoperíodo estejam em homozigose. De acordo com os princípios mendelianos, caso o genitor M7 fosse homozigoto dominante ou recessivo, para os locos de interesse, não seria esperada segregação na progênie M7 $\otimes$ . Nesse caso, todas as plantas teriam que exibir o mesmo fenótipo do seu genitor (M7) insensível, que lhe dera origem por autofecundação. Por tratar-se de mutante novo, não se encontram relatos sobre a ação gênica envolvida na herança da insensibilidade ao fotoperíodo no florescimento do maracujazeiro (*P. edulis*) ou de outras espécies da família Passifloraceae.

Os resultados indicam que a insensibilidade ao baixo fotoperíodo (PI) do genitor M7 é controlada por, no mínimo, três locos em heterozigose, com interação inter-locos, eventualmente do tipo epistática (Tabelas 2, 3 4 e 5), com relação de dominância completa entre os locos (PI<sub>1</sub>, PI<sub>2</sub> e PI<sub>3</sub>). Em algumas espécies, a interação epistática tem papel importante sobre características ligadas ao crescimento precoce e biomassa em *Arabidopsis thaliana* (Kusterer et al. 2007; Melchinger et al. 2007), *Brassica napus* L. e *Brassica oleracea* var. *gemmifera* (Werner et al. 1989; Engqvist e Becker 1991); e em alguns genótipos de *Zea mays* L. (Lamkey et al. 1995). Os genes FRIGIDA (FRI) e FLOWERING LOCUS C (FLC) interagem epistaticamente, exercendo grande efeito sobre o florescimento em *Arabidopsis thaliana* (Lee et al. 1994; Sanda e Amasino 1995; Wang et al. 2006; Moore e Lukens 2011). Lima et al. (2008) demonstraram que a herança da precocidade do florescimento em milho é oligogênica, com a presença de dominância e estimativa de herdabilidade que possibilita inferir sucesso com a seleção massal para a referida característica. Anbessa et al. (2006) relataram uma distribuição bimodal para o florescimento em chickpea, com dois genes envolvidos e interação epistática duplo recessiva. Uwatoko et al. (2008) relataram que a interação epistática entre três genes contribuíram para época de floração em arroz (*Oryza sativa* L.) pela alteração da sensibilidade do fotoperíodo, período de crescimento vegetativo e fotoperíodo ótimo de forma diferente.

A segregação homogênea, conforme apresentada na Tabela 3, corrobora que as hipóteses testadas de 3:13 e 1:7 (insensível:normal) não devem ser rejeitadas e que o florescimento do genitor insensível apresenta alta probabilidade de ser controlado por 3 locos em heterozigose. O cruzamento M7xN9 e seu recíproco N9xM7 segregaram de forma homogênea (Tabela 3), indicando que não há efeito de herança materna para a característica avaliada. De acordo com Cruz (2006), o teste de heterogeneidade é uma

forma adequada de avaliar se existe concordância entre grupos de cruzamentos, visando rejeitar ou não hipóteses genéticas ou razão de segregação.

## CONCLUSÕES

1. A mutação ocorrida no genótipo M7, a partir da irradiação de segmentos nodais, é herdável e pode ser transferida para cultivares de maracujazeiro (*Passiflora edulis*).
2. O fenótipo insensível é controlado por, no mínimo, três locos PI (Photoperiodic insensibility).
3. A interação é do tipo triplodominante.

## REFERÊNCIAS

ABE, M., KOBAYASHI, Y., YAMAMOTO, S., DAIMON, Y., YAMAGUCHI, A., IKEDA, Y., ICHINOKI, H., NOTAGUCHI, M., GOTO, K., ARAKI, T. FD, a bZIP protein mediating signals from the floral pathway integrator FT at the shoot apex. **Science**, v. 309, n. 5737, p. 1052-1056, 2005.

ANBESSA, Y., WARKENTIN, T., VANDENBERG, A., Ball, R. 2006. Inheritance of Time to Flowering in Chickpea in a Short-Season Temperate Environment. **J of Hered**, v. 97, n. 1, p. 55-61, 2006.

ATAÍDE, E.M., RUGGIERO, C., OLIVEIRA, J.C. DE, RODRIGUES, J.D., BARBOSA, J.C. Efeito de giberelina (GA<sub>3</sub>) e do bioestimulante 'Stimulate' na indução floral e produtividade do maracujazeiro amarelo em condições de safra normal. **Rev Bras de Frutic**, v. 28, n. 3, p. 343-346, 2006.

BERNIER, G. The control of floral evocation and morphogenesis. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol**, v.39, p. 175-219, 1988.

BONATO, E.R., VELLO, N.A. Aspectos genéticos do tempo para o florescimento em variantes naturais de soja. **Pesq Agropec Bras**, v. 34, n. 6, p. 989-993, 1999.

BORGES, A.L., LIMA, A.A. Maracujazeiro. In: CRISOSTOMO, L.A., NAUMOV, A. (Ed.). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Potassa, Boletim 18, 2009, p. 166-181.

BRUCKNER, C.H., CASALI, V.W.D., MORAES, C.F., REGAZZI, A.J., SILVA, E.A.M. 1995. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). **Acta Horticulturae**, v. 370, p.45-57, 1995.

BRUCKNER, C.H., Otoni, W.C. Hibridação em maracujá. In: Borém, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999, p.379-399.

BRUCKNER, C.H., MELETTI, L.M.M., OTONI, W.C., ZERBINI JÚNIOR, F.M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002, p. 373–409.

CASTRO, P.R.C., KLUGE, R.A., PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005, 650p.

CAVICHIOLO, J.C., RUGGIERO, C., VOLPE, C.A., PAULO, E.M., FAGUNDES, J.L., KASAI, F.S. Florescimento e frutificação do maracujazeiro amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Rev Bras Frutic**, v. 28, n.1, p. 92-96, 2006.

COELHO, A.A., CENCI, A.S., RESENDE, E.D. Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento. **Ciência Agrotécnica**, v. 34, n. 3, p. 722-729, 2010.

CORBESIER, L., VINCENT, C., JANG, S., FORNARA, F., FAN, Q., SEARLE, I., GIAKOUNTIS, A., FARRONA, S., GISSOT, L., TURNBULL, C., COUPLAND, G. FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of *Arabidopsis*. **Science**, v. 316, n. 5827, p.1030-1033, 2007.

CRUZ, C.D. **Princípios de Genética Quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005, 394 p.

CRUZ, C.D. 2006. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006, 285 p.

CRUZ, C.D., Viana, J.M.S., Carneiro, P.C.S., Bhering, L.L. **Genética: Gbol software para ensino e aprendizagem de genética**. 2. ed. v.2. Viçosa: UFV, 2011, 326 p.

ENGQVIST, G.M., BECKER, H.C. Heterosis and epistasis in rapeseed estimated from generation means. **Euphytica**, v. 58, n.1, p. 31-35, 1991.

FERREIRA, G. 2000. Propagação do maracujazeiro. **Infor Agropec**, v. 21, p.18-24, 2000.

FERREIRA, E.T., Evangelista, B.A., Aguiar, J.L.P., Junqueira, N.T.V. **Delimitação de áreas aptas para produção de maracujá na entressafra no estado de Goiás e no Distrito Federal**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002, 24 p. (Embrapa Cerrados, Circular Técnica, 24).

FERREIRA, C.P., JARROUGE, M.G., MARTIN, N. **Bioquímica Básica**. 9. ed. São Paulo: Editora MNP, 2010, 463 p.

FLORES, P.S., SILVA, D.F.P., BRUCKNER, C.H., OLIVEIRA, S.P., SALOMÃO, L.C.C. Caracterização físico-química de frutos de maracujazeiro amarelo provenientes da irradiação com raios gama. **Cienc Rural**. v. 41, p. 1903-1906, 2011.

HEO, J.B., SUNG, S., ASSMANN, S.M. Ca<sup>2+</sup> dependent GTPase, extra-large G protein 2 (XLG2), promotes activation of DNA-binding protein related to vernalization 1 (RTV1), leading to activation of floral integrator genes and early flowering in Arabidopsis. **J Biol Chem**. v, 287, p. 8242-8253, 2012.

HOPKINS, W.G. **Introduction to Plant Physiology**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1999, 512p.

JUNQUEIRA, N.T.V., ICUMA, I.M., VERAS, M.C.M., OLIVEIRA, M.A.S., ANJOS, J.R.N. Cultura do maracujazeiro. 2. ed. In: Silva, J. M. M. (Ed.). **Incentivo à**



**Fruticultura no Distrito Federal: Manual de Fruticultura.** Brasília: OCDF/COOLABORA, 1999, v.1, p. 42-52.

KENDRICK, R.E., FRANKLAND, B. **Fitocromo e crescimento vegetal.** São Paulo: EPU/EDUSP, 1981, 76 p.

KOTODA, N., HAYASHI, H., SUZUKI, M., IGARASHI, M., HATSUYAMA, Y., KIDOU, S., IGASAKI, T., NISHIGUCHI, M., YANO, K., SHIMIZU, T., TAKAHASHI, S., IWANAMI, H., MORIYA, S., ABE, K. 2010. Molecular characterization of flowering locus t-like genes of apple (*Malus x domestica* Borkh.). **Plant Cell Physiol**, v. 51, p. 561-75, 2010.

KUSTERER, B., MUMINOVIC, J., UTZ, H.F., PIEPHO, H.P., BARTH, S., HECKENBERGER, M., MEYER, R.C., ALTMANN, T., MELCHINGER, A.E. Analysis of a triple testcross design with recombinant inbred lines reveals a significant role of epistasis in heterosis for biomass-related traits in Arabidopsis. **Genetics**, v. 175, n. 4, p. 2009-2017, 2009.

LAMKEY, K.R., SCHNICKER, B.J., MELCHINGER, A.E. Epistasis in na elite maize hybrid and choice of generation for inbred line development. **Crop Sci**, v. 35, p. 1272-1281, 1995.

LEE, I., MICHAELS, S.D., MASSHARDT, A.S., AMASINO, R.M. The late flowering phenotype of FRIGIDA and X mutations in *lumini dependens* is suppressed in the Landsberg erecta strain of Arabidopsis. **Plant J**, v. 6, p. 903-909, 1994.

LEVY, Y.Y., DEAN, C. The transition to flowering. *Plant Cell*, v. 10, p. 1973-1990, 1998.

LIMA, A.A., BORGES, A.L. Solo e clima. In: Lima A.A. (Ed.). **Maracujá. Produção: Aspectos técnicos.** Brasília: Embrapa, 2002, p. 25-28.

LIMA, J.L., SOUZA, J.C., MACHADO, J.C., CAMPOLINA, J., RAMALHO, M.A.P. Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 127-131, 2008.

LOCATELLI, A.B., FEDERIZZI, L.C., MILACH, S.C.K., MCELROY, A.R. Flowering time in oat: genotype characterization for photoperiod and vernalization response. **Field Crops Research**. v. 106, p. 242-247, 2008.

MATHIEU, J., WARTHMAN, N., KÜTTNER, F., SCHMID, M. Export of FT protein from phloem companion cells is sufficient for floral induction in Arabidopsis. **Curr Biol**, v. 17, n. 12, p. 1055-1060, 2007.

MELCHINGER, A.E.; PIEPHO, H.P.; UTZ, H.F.; MUMINOVIC, J.; WEGENAST, T.; TÖRJÉK, O.; ALTMANN, T.; KUSTERER, B.; Genetic basis of heterosis for growth-related traits in Arabidopsis investigated by testcross progenies of near-isogenic lines reveals a significant role of epistasis. **Genetics**, v. 177, n. 3, p. 1827-1837, 2007.

MELETTI, L.M.M., SANTOS, R.R., MINAMI, K. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar 'composto IAC-27'. **Sci agric.**, v. 57, n. 3, p. 491-498, 2000.

MELETTI, L.M.M., SOARES-SCOTT, M.D., BERNACCI, L.C., PASSOS, I.R.S. Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro. In: Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005, p. 53-78, 2005.

MENZEL, C.M., SIMPSON, D.R. Passionfruit. In: Schaffer, B., Andersen, P.C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical and tropical crops**, v. 2, Boca Raton: CRC, 1994, p. 225-241.

MENZEL, C.M., SIMPSON, D.R. Effect of continuous shading on growth, flowering and nutrient uptake of passion fruit. **Sci Hortic**, v. 35, p. 77-88, 1988.

MOORE, S., LUKENS, L.A. Evaluation of Arabidopsis thaliana hybrid traits and their genetic control. **G3**, v. 1, n. 7, p. 571-579, 2011.

NAVE, N., KATZ, E., CHAYUT, N., GAZIT, S., SAMACH, A. Flower development in the passion fruit *Passiflora edulis* requires a photoperiod-induced systemic graft-

- transmissible signal. **Plant Cell Environ**, v. 33, n. 12, p. 2065-2083, 2010.
- PHILIPS. Artificial lighting in horticulture. In: **Philips lighting**. Netherlands, 1989. 40p.
- PIZA JUNIOR, C.T. **Cultura do maracujá**. Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1993, 71p.
- QUEZADA, A.C. **Herança da época de floração e da resistência à ferrugem da folha em pessegueiro**. Pelotas, 2000, 59p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2000.
- RÊGO, M.M., BRUCKNER, C.H., SILVA, E.A.M., FINGER, F.L., SIQUEIRA, D.L., FERNANDES, A.A. Self-incompatibility in passion fruit: evidence of two locus genetic control. **Theor Appl Genet**, v. 98, p. 564-568, 1999.
- RÊGO, M.M., RÊGO, E.R., BRUCKNER, C.H., SILVA, E.A.M., FINGER, F.L., PEREIRA, K.J.C. Pollen tube behavior in yellow passion fruit following compatible and incompatible crosses. **Theor Appl Genet**, v. 101, n. 5, p.685-689, 2000.
- SANDA, S.L., AMASINO, R.M. Genetic and physiological analysis of flowering time in the C24 line of *Arabidopsis thaliana*. **Weeds World**, v. 2, p. 2-8, 1995.
- SIQUEIRA, D.L., PEREIRA, W.E. Propagação. In: BRUCKNER, C.H., PICANÇO, M.C. (Ed.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 85-137.
- SUÁREZ-LÓPEZ, P., WHEATLEY, K., ROBSON, F., ONOUCHI, H., VALVERDE, F., COUPLAND, G. CONSTANS mediates between the circadian clock and the control of flowering in *Arabidopsis*. **Nature**, v. 410, n. 6832, p. 1116-1120, 2001.
- SUASSUNA, T.M.F., BRUCKNER, C.H., CARVALHO, C., BORÉM, A. Self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. **Theor Appl Genet**, v. 106, n. 298-302. 2003.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TEPER-BAMNOLKER, P., SAMACH, A. The flowering integrator FT regulates SEPALLATA3 and FRUITFULL accumulation in Arabidopsis leaves. **Plant Cell**, v. 17, n. 10, p.2661-2675, 2005.

UWATOKO, N., ONISHI, A., IKEDA, Y., KONTANI, M., SASAKI, A., MATSUBARA, K., ITOH, Y., SANO, Y. Epistasis among the three major flowering time genes in rice: coordinate changes of photoperiod sensitivity, basic vegetative growth and optimum photoperiod. **Euphytica**, v. 163, p. 167-175, 2008.

VALLINI, P.C., RUGGIERO, C., LAM-SANCHES, A., FERREIRA, F.R. Studies on the flowering period of yellow passion fruit *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. in the region of Jaboticabal, São Paulo. **Acta Horticult**, v. 57, p. 233-236, 1976.

VALVERDE, F., MOURADOV, A., SOPPE, W., RAVENSCROFT, D., SAMACH, A., COUPLAND, G. Photoreceptor regulation of CONSTANS protein in photoperiodic flowering. **Science**, v. 303, n. 5660, p. 1003-1006, 2004.

VAREJÃO-SILVA, M.A. (2006). **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Disponível em: [http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf). Accessed 27 august 2012.

VASCONCELLOS, M.A.S., DUARTE FILHO, J. Ecofisiologia do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 206, p. 18-24, 2000.

VIANA, J.M.S., CRUZ, C.D., BARROS, E.G. **Genética. Volume I. Fundamentos**. 2ed. v.2, Viçosa: UFV, 2003, 330p.

WANG, J., TIAN, L., LEE, H., CHEN, Z.J. Nonadditive regulation of FRI and FLC loci mediates flowering-time variation in Arabidopsis allopolyploids. **Genetics**, v. 173, p. 965-974, 2006.

WATSON, D.P., BOWERS, F.A.I. Long days produce flowers on passion fruit. Hawaii Farm **Science**, n. 14, v.2, p. 3-5, 1965.

WERNER, C.P., SETTER, A.P., SMITH, B.M., KUBBA, J., KEARSEY, M.J. Performance of recombinant inbred lines in Brussels sprouts (*Brassica oleracea* var. gemmifera). **Theor Appl Genet**, v. 77, p. 527-534, 1989.

## CONCLUSÕES GERAIS

A autopolinização na antese, com excisão dos estigmas, permite ao melhorista obter grande quantidade de sementes de maracujá (*P. edulis*), de forma eficiente. O horário e a repetição da autopolinização influenciam a percentagem de frutificação, que atinge cerca de 80 %, quando realizada duas vezes, às 13 e 17 h, no mesmo dia da antese. A autopolinização, na antese sem estigmas, somente às 13 h, também proporcionou alta percentagem de frutificação, em torno de 70 %. Nesse caso, a realização de apenas uma autopolinização, às 13 h, é mais uma vantagem, por reduzir pela metade a mão-de-obra e requerer menor quantidade de flores doadoras de pólen, quando comparado à realização do procedimento das 13 e 17 h. Apenas uma autopolinização na antese, às 13 h ou às 17 h, e na antese sem estigmas, às 17 h, não resulta em frutificação. A massa de fruto, massa da polpa, rendimento de polpa e o número de sementes por fruto não apresentaram diferenças significativas, em função dos procedimentos e horários de autopolinização avaliados.

A insensibilidade ao fotoperíodo, abaixo de 11 h de luz.dia<sup>-1</sup>, exibido pelo genótipo mutante M7(*P. edulis*), é herdável. Esse fenótipo pode ser incorporado nas cultivares de maracujá, visando incrementar o período de safra de regiões localizadas em baixas latitudes. Os resultados obtidos indicam que o fenótipo insensível é controlado por, no mínimo, três locos PI (Photoperiodic insensibility), de efeito dominante.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pela bolsa de doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.