

Biologia floral e polinização de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L., Solanaceae): um estudo de caso

Darci de Oliveira Cruz e Lúcio Antônio de Oliveira Campos *

Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: lcampos@ufv.br

RESUMO. A antese, a deiscência das anteras, a receptividade do estigma, o padrão de crescimento do tubo polínico e o percentual de vingamento dos frutos de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) foram estudados em São Miguel do Anta, Minas Gerais, sudeste brasileiro. As flores de *C. frutescens* são perfeitas, protogínicas e recebem a visita de várias espécies de abelhas, principalmente da abelha melífera *Apis mellifera* L., que coleta pólen e néctar. Foram comparados tratamentos de polinização por abelhas, polinização cruzada manual, polinização aberta, polinização aberta emasculada e autopolinização espontânea. O padrão de crescimento dos tubos polínicos mostrou-se semelhante em todos os tratamentos. Os tubos atingiram o ovário cerca de 24 horas após a polinização. Apesar de *C. frutescens* ser considerada autógama, essa cultura beneficia-se da polinização realizada por *A. mellifera*, produzindo significativamente maior quantidade de frutos, quando comparada com a autopolinização espontânea.

Palavras-chave: *Capsicum frutescens*, biologia reprodutiva, polinização, vingamento de frutos.

ABSTRACT. Floral biology and pollination of hot pepper (*Capsicum frutescens* L., Solanaceae): a case study. The anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity, pollen tube growth and fruit set of *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) were studied in São Miguel do Anta, Minas Gerais State, southeastern Brazil. *C. frutescens* flowers are perfect, protogynous and receive visits from many bee species, mainly *Apis mellifera* L., which collect pollen and nectar. Treatments of pollination by bees, hand cross pollination, open pollination, emasculated open pollination and spontaneous self pollination were performed. Pollen tube growth pattern did not differ among treatments. Pollen tubes were observed in the ovary within 24 hours after pollination. Despite *C. frutescens* being considered autogamous, this crop benefits from pollination by *A. mellifera*, producing better fruit set than by using spontaneous self-pollination.

Key words: *Capsicum frutescens*, reproductive biology, pollination, fruit development.

Introdução

A polinização consiste na transferência dos grãos de pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma flor ou de outra flor da mesma espécie. Além de fundamental para a reprodução das espécies vegetais, a polinização, se realizada adequadamente, contribui para melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, seja por diminuir o percentual de malformações dos frutos, aumentar o número de sementes ou por conduzir a um amadurecimento mais uniforme dos frutos (Freitas, 1995).

As pimentas do gênero *Capsicum* pertencem à família Solanaceae e têm como centro de origem o continente americano. O centro de diversidade da espécie *Capsicum frutescens* L. inclui as terras baixas do sudeste brasileiro até a América Central e as Antilhas (Índias Ocidentais) (Reifschneider, 2000; Carvalho e Bianchetti, 2004).

A produção de pimenta, no Brasil, tem aumentado nos últimos anos, destacando-se as regiões sudeste e centro-oeste como principais produtoras. O cultivo de pimenta, no País, é de grande importância por causa das suas características de rentabilidade, principalmente quando se agrega valor ao produto (processamento de pimenta), assim como por sua importância social, pois requer grande quantidade de mão-de-obra, especialmente durante a colheita (Rufino e Penteadó, 2006).

As espécies de *Capsicum* apresentam flores perfeitas e reproduzem-se preferencialmente por autofecundação espontânea (Bosland, 1996). Entretanto, *C. frutescens* apresenta baixa produção natural de frutos. Estudos têm mostrado que a polinização cruzada pode ocorrer em uma faixa de 2 a 90% e esse cruzamento está associado à presença de insetos polinizadores (Bosland e Votava, 1999;

Nascimento *et al.*, 2006).

Apis mellifera L. e abelhas solitárias de várias espécies são visitantes comuns em flores de pimenta malagueta (*C. frutescens*) e são consideradas polinizadores potenciais dessa cultura (Bosland e Votava, 1999).

Alguns pesquisadores têm investigado a antese, a deiscência das anteras e o crescimento do tubo polínico em diferentes espécies de *Capsicum*, como por exemplo, *C. annum* e *C. eximium* (Onus, 2000; Alecmullah *et al.*, 2000; Ofosu-Anim *et al.*, 2006). Entretanto, ainda há pouca informação sobre polinização de pimenta, principalmente no Brasil.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar alguns aspectos da biologia floral de *C. frutescens* tais como: horário de antese, disponibilidade de pólen, receptividade estigmática e o padrão de crescimento do tubo polínico após a polinização das flores. A eficiência de polinização por abelhas *A. mellifera* no percentual de vingamento dos frutos também foi investigada.

Material e métodos

Este estudo foi desenvolvido no período de outubro a dezembro de 2006, no município de São Miguel do Anta (20°42'01"S e 42°43'15"W), localizado na microrregião de Viçosa, região da Zona da Mata, Minas Gerais. O clima é do tipo Cwb, tropical de altitude, com verões chuvosos e invernos frios e secos, temperatura média anual oscilando de 20 a 22°C e precipitação média anual de 1.221,4 mm (Coelho *et al.*, 2005).

O local do experimento consistiu de uma plantação de pimenta malagueta em uma área de 1 ha. O plantio foi implementado no segundo semestre de 2005 e, em 2006, as plantas, distribuídas no espaçamento 2 x 1, passaram por um processo de poda. Durante a condução do experimento, não foi necessário realizar irrigação, em virtude de o período coincidir com a estação chuvosa na região.

Antese, deiscência das anteras e receptividade do estigma

Para estudar a antese e a deiscência das anteras, 50 botões florais (em 10 indivíduos) foram marcados com linha colorida e acompanhados durante o seu desenvolvimento. As observações foram feitas a cada hora, das 6:00 às 17:00 horas. A receptividade do estigma foi constatada por meio do gotejamento de uma solução de peróxido de hidrogênio (3%). Cinco flores de três plantas foram escolhidas, aleatoriamente, e testadas no campo a cada hora das 6:30 às 17:00 horas. A receptividade é proporcional ao número de bolhas de oxigênio que aparecem na superfície estigmática (Dafni, 1992), podendo ser

observada no campo por meio de uma lupa de mão.

Percentual de vingamento dos frutos

Foram realizados cinco tratamentos de polinização: polinização por abelhas, polinização cruzada manual, polinização aberta (controle), polinização aberta emasculada e autopolinização espontânea (Holanda-Neto *et al.*, 2002; Vieira e Grabalos, 2003). Em média, 55 botões florais, por tratamento, foram marcados e ensacados com sacos de organza. Para o tratamento de polinização cruzada, após a antese, as flores foram desensacadas e polinizadas, manualmente, com pólen de flores de outra planta, tocando-se a superfície estigmática com estames cheios de pólen. Após esse processo, as flores foram reensacadas. A polinização por abelhas consistiu do mesmo procedimento descrito acima, diferindo apenas no fato que ao abrirem, as flores foram desensacadas e assim permaneceram até receberem uma única visita de *A. mellifera*, quando, então, foram reensacadas. As flores dos tratamentos de polinização aberta e polinização aberta emasculada foram apenas marcadas com linha colorida e não foram ensacadas. Já, as flores do tratamento de autopolinização espontânea foram apenas ensacadas e acompanhadas durante todo o seu desenvolvimento.

O vingamento inicial e a persistência dos frutos foram observados 7, 15 e 30 dias após a polinização, assim como no momento da colheita dos frutos. Os dados foram analisados usando um teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Holanda-Neto, 1999), por causa do seu caráter binomial (vingou fruto = 1 x não vingou fruto = 0) que não atende às pressuposições para uma análise de variância.

Crescimento do tubo polínico

Para observar o crescimento do tubo polínico, foram realizados quatro tratamentos de polinização: polinização por abelhas, polinização cruzada manual, polinização aberta e autopolinização espontânea. Vinte flores, por tratamento, foram coletadas 12 e 24 horas após a polinização e armazenadas em uma solução de FAA (álcool 70%, formol 37% e ácido acético). Posteriormente, as flores foram levadas ao laboratório, na Universidade Federal de Viçosa e transferidas para álcool 70%.

Para a preparação das lâminas, os pistilos foram isolados e cobertos por uma solução de NaOH (9 N) e mantidos em estufa (60°) por 15 minutos. Em seguida, foram lavados com água destilada e corados com azul de anilina (1%) (Dafni, 1992). Os tubos polínicos foram observados em microscópio de epifluorescência Olympus BX60, utilizando-se o filtro WV.

Resultados e discussão

As flores de *C. frutescens* são perfeitas, pentâmeras, contendo um único estigma e cinco estames, os quais alternam a posição com relação aos lóbulos da corola. Além disso, as flores apresentam-se em número de uma a três por nó. A corola é branca esverdeada e as anteras liberam o pólen por meio de uma fenda longitudinal.

A antese ocorreu, principalmente, no período da manhã, tendo início às 6:00 horas. Algumas flores abriram apenas no período da tarde e duraram de dois a três dias, porém, no terceiro dia após a antese, as flores fecundadas perderam totalmente a corola. A deiscência das anteras ocorreu, aproximadamente, uma hora após a antese. Entretanto, nas flores que abriram à tarde, após às 16:00 horas, a deiscência das anteras só ocorreu na manhã do dia seguinte.

Esses resultados estão de acordo com dados de Aleemullah *et al.* (2000) que também observaram esse padrão de abertura em flores de *C. annuum* na Austrália. Porém, a deiscência das anteras, no dia posterior à antese, ocorreu em flores que abriram após às 17:00 horas. Segundo esses autores, o padrão de deiscência das anteras sugere que esse evento é parcialmente controlado por ritmos endógenos da flor. Também observaram que o período de receptividade do estigma variou de cinco dias antes da antese até três dias depois, com um pico ocorrendo no dia da antese. No presente trabalho, porém, a receptividade do estigma não foi estudada antes da antese.

As anteras das flores de *C. frutescens* são rimosas, embora iniciem a liberação de pólen por meio de um poro apical. Também observou-se a ocorrência de protoginia, ou seja, o estigma encontra-se receptivo antes da deiscência das anteras, apresentando um aspecto viscoso. Free (1993) observou esse fenômeno em flores de *C. annuum*. A receptividade máxima foi observada no dia da antese, diminuindo drasticamente no dia seguinte.

Silva *et al.* (2005) observaram liberação progressiva de pólen em flores de *C. annuum*, no período da manhã, atingindo um pico de liberação às 11:00 horas, sob condições de cultivo protegido, no nordeste brasileiro.

Com relação ao crescimento do tubo polínico, observou-se um padrão semelhante em todos os tratamentos, ou seja, 12 horas após a polinização, os tubos já haviam percorrido cerca de 1/3 do comprimento do estilete. Cerca de 24 horas após a polinização, os tubos já haviam chegado ao ovário e alcançado os óvulos (Figura 1). Esses resultados sugerem que a fertilização em *C. frutescens* ocorre, aproximadamente, um dia após a polinização. Peter e

McCullum (1984) obtiveram resultados semelhantes estudando o crescimento do tubo polínico ao realizarem cruzamentos entre *C. annuum* e *C. frutescens*. Esses autores constataram que 6 horas após a polinização os tubos já haviam ultrapassado metade do estilete e 24 horas após a polinização, entraram em contato com os óvulos.

Ofosu-Anim *et al.* (2006), também, observaram o crescimento do tubo polínico em flores de *C. annuum*, em experimentos realizados em Ghana. Porém, diferente dos nossos resultados, os tubos somente alcançaram o ovário 36 horas após a polinização e a presença dos tubos nos óvulos foi constatada apenas 48 horas após a polinização.

Quanto ao percentual de vingamento inicial e persistência dos frutos, houve diferenças significativas entre os tratamentos de polinização, aos 7 dias ($\chi^2 = 17,44$, gl = 4, $p < 0,01$), 15 dias ($\chi^2 = 23,92$, gl = 4, $p < 0,01$), 30 dias ($\chi^2 = 28,79$, gl = 4, $p < 0,01$) e no momento da colheita ($\chi^2 = 17,36$, gl = 4, $p < 0,01$) (Tabelas 1 e 2).



Figura 1. A – Crescimento do tubo polínico 12 horas após a polinização por abelhas em *Capsicum frutescens* L. B – Tubos chegando ao ovário, 24 horas após a polinização. C – Tubos polínicos alcançando os óvulos.

Tabela 1. Vingamento inicial e persistência de frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) submetida à polinização cruzada, polinização por abelhas, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta emasculada.

Tratamentos	Nº de flores polinizadas	Vingamento inicial (7 dias)	% (7 dias)	Persistência (15 dias)	% (15 dias)
1. Polinização por abelhas	52	46	88,5 a	44	84,6 a
2. Polinização aberta	61	50	82,0 a	45	73,8 a
3. Polinização cruzada	58	47	81,0 a	42	72,4 a
4. Polinização aberta emasculada	50	35	70,0 ab	23	46,0 b
5. Autopolinização espontânea	56	32	57,1 b	28	50,0 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $p < 0,01$; sete dias ($\chi^2 = 17,44$ e gl = 4); 15 dias ($\chi^2 = 23,92$ e gl = 4).

Tabela 2. Persistência e colheita de frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) submetida à polinização cruzada, polinização por abelhas, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta emasculada.

Tratamentos	Nº de flores polinizadas	Persistência (30 dias)	% (30 dias)	Nº de frutos colhidos	% (frutos colhidos)
1. Polinização por abelhas	52	41	78,8 a	31	59,6 a
3. Polinização cruzada	58	40	69,0 ab	32	55,2 a
2. Polinização aberta	61	38	62,3 ab	28	45,9 a
5. Autopolinização espontânea	56	28	50,0 bc	22	39,3 ab
4. Polinização aberta emasculada	50	15	30,0 c	10	20,0 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $p < 0,01$; 30 dias ($\chi^2 = 28,79$ e gl = 4); Colheita ($\chi^2 = 17,36$ e gl = 4)

Esses dados indicam que as abelhas melíferas mostraram-se polinizadores eficientes de *C. frutescens*, embora não tenha havido diferenças significativas entre os tratamentos de polinização por abelhas, polinização aberta e polinização cruzada. É provável que *A. mellifera* deposite grande número de grãos de pólen viáveis sobre os estigmas das flores de pimenta, já que visita a cultura durante todo o dia para coletar pólen e néctar (produzido nas horas mais quentes do dia) (Rabinowitch *et al.*, 1993). Conseqüentemente, maior quantidade de tubos polínicos estaria chegando ao ovário da flor polinizada por essa abelha.

Observou-se que *A. mellifera* visitou várias plantas em uma mesma viagem de forrageamento contribuindo, assim, para a polinização cruzada. Embora essa espécie de abelha também tenha visitado várias flores por planta, podendo contribuir para a ocorrência de geitonogamia, Degrandi-Hoffman *et al.* (1984) mostraram que as abelhas melíferas adquirem em seus corpos pólen de plantas que não visitaram (“pólen cruzado”) ao retornarem à colméia e roçarem contra o corpo das companheiras que visitaram aquelas plantas, adquirindo em seus corpos uma diversidade bem maior de grãos de pólen do que poderia ser esperado somente por suas visitas às flores.

O comportamento de visita de *A. mellifera* nas flores de pimenta malagueta, também contribuiu para a polinização, uma vez que, ao pousar na flor, a abelha tocou tanto o androceu quanto o gineceu com a parte ventral do seu corpo, e raspou as anteras para obtenção do pólen disponível. A habilidade polinizadora dessa abelha também é justificada por fatores como a presença de estruturas para coletar, armazenar e transportar grãos de pólen (pêlos ramificados e corbícula); a necessidade de coletar grandes quantidades de pólen para o sustento de crias das colônias e a fidelidade às espécies vegetais que visita (Free, 1993; Alves, 2000).

O tratamento de polinização aberta emasculada mostrou o papel dos polinizadores no vingamento e produção final de frutos, por meio da polinização cruzada realizada pelos mesmos. O fato de ter ocorrido menor produção pode ser por causa da manipulação das flores, assim como a ausência da autopolinização espontânea, uma vez que, certamente, a planta possui mecanismos que asseguram uma deposição mínima de grãos de pólen suficiente para a fertilização dos óvulos e vingamento dos frutos (Silva, 2004).

Outras abelhas pertencentes à espécie *Tetragonisca angustula* Latreille e ao gênero *Plebeia* Schwarz foram observadas coletando néctar nas flores de *C. frutescens*. Porém, dificilmente tocaram suas estruturas reprodutivas, não sendo consideradas polinizadores efetivos da cultura.

Porporato *et al.* (1995), comparando as abelhas *A. mellifera* e *Bombus terrestris* L. na polinização de *C. annuum*, em casa de vegetação, também verificaram aumento significativo na produção de frutos das plantas visitadas por essas abelhas, em relação às não-visitadas.

Por outro lado, alguns autores (Cruz *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2005), utilizando a abelha sem ferrão *Melipona subnitida* Ducke para polinização de *C. annuum*, em ambiente protegido, não encontraram diferenças significativas no percentual de vingamento dos frutos para os tratamentos de polinização cruzada manual, polinização por abelhas, autopolinização manual e autopolinização espontânea. Nesses casos, a visita das abelhas não melhorou o vingamento inicial dos frutos.

Conclusão

A flor de *C. frutescens* é protogínica e deve ser polinizada, preferencialmente, no dia da antese, quando a receptividade do estigma é máxima.

A abelha *A. mellifera* mostrou-se capaz de aumentar o vingamento inicial e a persistência dos frutos de pimenta malagueta. Outros estudos estão sendo realizados para verificar a eficiência dessa abelha no aumento do número de sementes e na qualidade dos frutos.

Agradecimentos

À Fapemig, pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora. A Dra. Milene Faria Vieira e a Dra. Sílvia das Graças Pompolo, pela ajuda na observação dos tubos polínicos em microscópio de epifluorescência.

Referências

ALEEMULLAH, M. *et al.* Anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity and fruit development in the Longum

- group of *Capsicum annuum*. *Aust. J. Exp. Agric.*, Collingwood, v. 40, p. 755-762, 2000.
- ALVES, J.E. *Eficiência de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.)*. 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.
- BOSLAND, P.W. Capsicums: innovative uses of an ancient crop. In: JANICK, J. (Ed.). *Progress in new crops*. Arlington: ASHS Press, 1996. p. 479-487.
- BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Wallingford: Cabi, 1999.
- CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B. *Sistema de produção de pimentas: botânica*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Versão eletrônica. Disponível em: <<http://www.cnpq.embrapa.br/sistprod/pimenta>>. Acesso em: 20 jan. 2007.
- COELHO, D.J.S. *et al.* Levantamento da cobertura florestal natural da microrregião de Viçosa, MG, utilizando-se imagens de Landsat 5. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 29, p. 17-24, 2005.
- CRUZ, D.O. *et al.* Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 40, p. 1197-1201, 2005.
- DAFNI, A. *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- DEGRANDI-HOFFAMAN, G. *et al.* Pollen transfer in apple orchards: tree to tree or bee to bee? *Bee World*, Colorado Springs, v. 65, p. 126-133, 1984.
- FREE, J.B. *Insect pollination of crops*. 2nd ed. London: Academic Press, 1993.
- FREITAS, B.M. The Pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.). 1995. Cardiff: University of Wales, 1995.
- HOLANDA-NETO, J.P. *O papel do comportamento de pastejo da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) e o tipo de polinização na produtividade do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)*. 1999. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- HOLANDA-NETO, J.P. *et al.* Low seed / nut productivity in cashew (*Anacardium occidentale*): Effects of self-incompatibility and honey bee (*Apis mellifera*) foraging behaviour. *J. Horticult. Sci. Biotechnol.*, Coventry, v. 77, p. 1-6, 2002.
- NASCIMENTO, W.M. *et al.* Produção de sementes de pimentas. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 27, p. 30-39, 2006.
- OFOSU-ANIM, J. *et al.* Pistil receptivity, pollen tube growth and gene expression during early fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Int. J. Agric. Biol.*, Faisalabad, v. 5, p. 576-579, 2006.
- ONUS, A.N. Structure of the stigma and style in *Capsicum eximium* and the effects of pollination. *Turk. J. Bot.*, Ankara, v. 24, p. 337- 346, 2000.
- PETER, K.V.; McCOLLUM, G.D. Pollen-stigma compatibility in direct and reciprocal crosses of *Capsicum* species. *J. Heredity*, Oxford, v. 75, p. 70, 1984.
- PORPORATO, M. *et al.* Pollination of sweet pepper in greenhouses by *Bombus terrestris* and *Apis mellifera*. *Informatore-Fitopatologia*, Beijing, v. 45, p. 49-54, 1995.
- RABINOWITZ, H.D. *et al.* Flower and nectar attributes of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in relation to their attractiveness to honeybees (*Apis mellifera* L.). *Ann. Appl. Biol.*, Wellesbourne, v. 123, p. 221-232, 1993.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B. *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa, 2000.
- RUFINO, J.L.S.; PENTEADO, D.C.S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 27, p. 7-15, 2006.
- SILVA, E.M.S. *Efeito do número de visitas da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) na polinização do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa de vegetação*. 2004. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- SILVA, E.M.S. *et al.* Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. *Rev. Cienc. Agron.*, Fortaleza, v. 36, p. 386-390, 2005.
- VIEIRA, M.F.; GRABALOS, R. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum mexiae* Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo, v. 17, p. 137-145, 2003.

Received on July 06, 2007.

Accepted on September 28, 2007.