

CO-01

EFEITO DA POLINIZAÇÃO POR ABELHAS E DA PROPORÇÃO DE VARIEDADES POLINIZADORAS NA PRODUÇÃO DE MAÇÃ, EM POMARES NA FREGUESIA DOS BISCOITOS, ILHA TERCEIRA (EFFECT OF BEE POLLINATION AND POLLINISER PROPORTION ON APPLE PRODUCTIVITY, AT BISCOITOS'S ORCHARDS, TERCEIRA ISLAND)

Ferreira Batista, J.G.^{1*}; Bessa Batista, E.R.^{1*}; Almeida, P.¹; Pacheco de Medeiros, C.A.^{1*}

¹Universidade dos Açores, Dep. Ciências Agrárias, Terra-Chã, 9700-851 Angra do Heroísmo, Terceira, Açores, Portugal

¹CITAA-UA – Universidade dos Açores Departamento de Ciências Agrárias 9700 Angra do Heroísmo

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo efectuado em dois locais na freguesia dos Biscoitos, Ilha Terceira, com vista a avaliar o efeito da polinização levada a cabo por abelhas, assim como da proporção de variedades polinizadoras, na produção de maçã. Foram colocadas colmeias em dois pomares diferentes, situados em ambos os locais. Algumas varas foram isoladas, de modo a impedir a visita de abelhas, enquanto que outras estavam livres para que a polinização pudesse ocorrer. Registou-se o número de flores visitadas pelas abelhas, número de frutos vingados e produção final. Os resultados revelam que a colocação nos pomares de um número adequado de colmeias por unidade de área, na altura da polinização, constitui uma das condições para ultrapassar uma situação em que a capacidade produtiva de algumas das variedades instaladas é afectada pelo facto de nem sempre se verificar floração simultânea com as variedades que as devem polinizar.

Abstract

Studies were conducted at two locations in Biscoitos community, Terceira Island, Azores, to evaluate the effect of bee pollination and pollinator proportion on apple productivity. Hives were kept in two different orchards at both locations. Some branches were kept out of reach of bees, and others had sufficient pollinator access. Observations pertaining to increase in bee visits, fruit set and fruit yield in comparison with branches without insect pollination were recorded. Results revealed that the placement at the orchards of an appropriate number of hives per unit of area is one of the solutions to overcome a situation on which the yield capacity of some varieties seems to be affected by the fact that the flowering period of the cross-pollinating cultivars doesn't always match.

Introdução

O trabalho ecológico de polinização levado a cabo por uma vasta gama de organismos, quer sejam insectos, aves ou mamíferos, possibilita benefícios económicos e ambientais de valor incalculável para a humanidade e a natureza que a rodeia. Dentro deste contexto, as abelhas são o agente polinizador mais importante, na medida em que as quase 17000 espécies que se conhecem (Michener, 2000), interagem colectivamente com a maioria do quarto de milhão de espécies de plantas angiospérmicas existentes no mundo (Buchmann e Ascher, 2005). A propósito de uma doença que tem vindo a afectar as colmeias nos Estados Unidos, a senadora Hillary Rodham Clinton dirigiu recentemente um apelo ao senado americano, para que o problema seja resolvido com a urgência possível, realçando entre outros aspectos, o facto de que a indústria dependente da polinização das abelhas representar um valor anual de cerca de 14 biliões de dólares, podendo a diminuição da actividade entomófila pôr em causa a qualidade e o custo dos alimentos para o povo americano.

Os serviços prestados por um ecossistema, tais como a polinização, são críticos para a sobrevivência humana. Em determinados casos, a manutenção desses serviços proporciona um poderoso argumento a favor da conservação da biodiversidade (Kremen *et al.*, 2002; Cuthbertson e Brown, 2006). A redução da biodiversidade e a abundância de insectos polinizadores, constituem factores importantes que afectam a

polinização. Contudo, é frequente que os fundamentos ecológicos e económicos da maioria dos serviços não sejam bem compreendidos, o que impede uma acção de conservação eficaz.

A polinização entomófila constitui o primeiro passo no processo de floração/frutificação que conduz à produção final de frutos contendo sementes viáveis, essenciais para a nutrição humana. Este tipo de produção, representa aproximadamente 35% da dieta humana (Buchmann e Nabhan, 1997).

A produção de maçã constitui uma parte significativa da indústria fruteira nacional e mundial. Em 2006/2007, a produção mundial de maçã foi de 44,119 milhões de toneladas, cabendo à China 55% deste total e à UE (27) 27% (<http://www.urbanext.uiuc.edu/apples/facts.html>). Em 2006, a produção portuguesa representou 2,1% do total europeu (ec.europa.eu/agriculture/consultations/adco/fruitveg/pom.pdf).

É facto conhecido de que o pólen das flores de macieira pode, dentro de certa medida, ser transportado pelo vento, mas já foi demonstrado de modo conclusivo, que a polinização anemófila tem pouco ou nenhum significado no processo de transferência de pólen (Free, 1964). As abelhas, em particular as melíferas, são os insectos polinizadores mais importantes, quer na produção frutícola, quer em todas as outras formas de agricultura (Williams, 1994; Morse e Calderone, 2000; Sharma *et al*, 2004), embora ainda exista a ideia de que se destinam apenas à produção de mel.

Polinização da cultura de macieira

A cultura de macieira ocorre maioritariamente em zonas de clima temperado frio, em que as condições meteorológicas durante a fase de floração podem ser desfavoráveis para o voo das abelhas e, conseqüentemente, para a polinização, crescimento do tubo polínico e fertilização. Deste modo, a polinização cruzada constitui usualmente o factor que mais limita a colheita (Hoopingartner e Waller, 1993). Se 5 a 10% das flores formadas produzirem fruto, já se obtém uma boa produção final. Considerando porém o facto de muitos frutos poderem cair, por causas naturais ou não, a percentagem inicial de vingamento de frutos tem que ser elevada.

Os produtores de maçã melhor sucedidos tentam resolver o problema, dispondo de um número suficiente de variedades polinizadoras e recorrendo frequentemente à introdução de colmeias no pomar, de modo a que as abelhas possam visitar as flores sempre que o tempo o permita. A maioria das variedades cultivadas de macieira é autoincompatível, sendo que algumas também são interincompatíveis. Nenhuma variedade de macieira é suficientemente autofértil, para que possa ser produtiva quando plantada isoladamente. Na medida em que para as diferentes variedades a floração não é simultânea, para que um pomar seja bem delineado, torna-se necessário dispor de um número suficiente de árvores polinizadoras, que possam florescer ao mesmo tempo que a variedade principal. A disposição espacial no pomar das variedades polinizadoras em relação às polinizadas, também constitui um aspecto essencial para que a polinização possa ser bem sucedida. A poda e a nutrição mineral das árvores, podem influenciar decisivamente o êxito da polinização. A poda deve proporcionar um equilíbrio adequado de órgãos de frutificação, com diferentes idades. A nutrição mineral, nomeadamente a azotada, é decisiva. Carências em azoto podem proporcionar baixas taxas de vingamento de frutos (Nielsen e Nielsen, 2003).

De acordo com a literatura da especialidade, o número de colmeias necessário por unidade de área de pomar é muito variável. Basicamente é necessário existirem abelhas suficientes que possam visitar um número de flores suficiente, para que a produção final de frutos seja maximizada. A importância de um número elevado de abelhas por unidade de área, tem a ver com o tipo de apetência que estes insectos manifestam pelas flores de macieira, devendo antecipadamente à sua introdução suprimir-se no pomar, ou à sua volta, todas as flores de outras espécies que possam causar qualquer tipo de competição. Não existem dúvidas de que a quantidade de frutos produzidos e a sua qualidade possam ser prejudicados quando se verificarem condições inadequadas de polinização, quer por um número insuficiente de abelhas, quer por um número insuficiente de árvores polinizadoras em relação à variedade principal (Thomson e Goodell, 2001).

Uma das conclusões dos trabalhos desenvolvidos no domínio da cultura de macieira na ilha Terceira durante o projecto Interfruta I, foi o de que a polinização e o número de variedades polinizadoras, constituem, entre outros factores, duas das principais limitações à produção. As características das variedades utilizadas, determinam em grande parte o sucesso reprodutivo. No caso da zona de produção na freguesia dos Biscoitos e nos pomares onde decorreu o nosso estudo, as variedades triplóides representam 44% do total do número de árvores instaladas, enquanto que para variedades diplóides representam 56%. Num dos pomares (M2), existem 64% de variedades diplóides e 36% de triplóides, enquanto que no outro (M3), a proporção é inversa, isto é, 36% de diplóides e 64% de triplóides.

As variedades triplóides podem produzir grandes quantidades de pólen, embora maioritariamente defeituoso, como resultado de um desequilíbrio cromossómico. Daí o facto de terem que ser polinizadas e serem inoperacionais como polinizadoras de outras variedades. Quanto às variedades polinizadoras, podem apresentar diferentes necessidades em frio e diferentes valores de temperatura necessária para o abrolhamento. Para além de terem que ser compatíveis com as variedades a polinizar, as variedades polinizadoras devem florir ao mesmo tempo do que a variedade a ser polinizada, devendo também ser

anuais e não bienais, de modo a assegurar um fornecimento anual de pólen (Dennis, 2003). Para uma mesma região, as datas de entrada em floração podem oscilar de um modo tal, que sejam necessárias duas ou mais variedades polinizadoras para polinizar a variedade principal (Church e Williams, 1983).

As variedades com período de floração alongado, isto é, as que florescem profusamente em ramos do ano e em esporões, podem ser particularmente úteis como polinizadoras, como é o caso das variedades do grupo das Galas. Esta característica pode ser acentuada, de acordo com o tipo de poda que lhes for aplicado.

Sabe-se ainda, que a ocorrência de temperaturas anormalmente elevadas durante a primavera, pode contribuir para a produção de pólen estéril, embora a severidade deste problema difira de acordo com a variedade (Faust, 1989).

Independentemente de se ter que corrigir o rácio polinizadas/polinizadoras, através da introdução nos pomares de variedades com o fim único de polinizar, a colocação de colmeias constitui uma forma razoável de tentar solucionar o problema, razão pela qual o resolvemos testar.

Material e Métodos

O estudo decorreu em dois pomares localizados na freguesia dos Biscoitos, a norte da ilha Terceira, que convencionalmente designar por M2 e M3. O pomar M2 possui uma área cultivada de 10278 m², situado a altitude compreendida entre 210 e 220 metros, enquanto que para o pomar M3 a área cultivada é de 6920 m² e está situado a altitude entre 240 e 250 metros. Em ambos os casos a orientação predominante é a do quadrante norte. O pomar M2 foi implantado há 11 anos, enquanto que o pomar M3 foi implantado há 15 anos.

No pomar M2 estão instaladas as variedades Mondial Gala e Gala Must (total de 102 árvores), Reineta Branca (41 árvores), Prima (67 árvores), Jonathan (12 árvores), Jonagored (38 árvores) e Mutsu (23 árvores). No pomar M3, contam-se as variedades Mondial Gala e Gala Must (19 árvores), Reineta Branca (43 árvores), Jonathan (21 árvores) e Mutsu (29 árvores). Para o pomar M2, o grupo das Galas está implantado com um compasso de 3 x 4 metros, Reineta Branca, 4,5 x 5 metros, Prima, 3 x 4 metros, Jonathan e Jonagored, 4 x 4 metros, e Mutsu, 3 x 3 metros. O grupo das Galas está conduzido em sistema de eixo guarnecido, enquanto que para as restantes variedades predomina o sistema de condução em vaso. No pomar M3, o compasso de plantação é 4,5 x 6 metros para todas as variedades implantadas e o sistema de condução em vaso foi aplicado a todas elas. Ambos os pomares estão circundados por sebes, constituídas quer por *Banksia integrifolia* ou *Pittosporum undulatum*, como é habitual nos Açores. A colocação espacial de variedades polinizadas e polinizadoras, parece constituir um impedimento de trânsito fácil de pólen, o que é mais evidente no pomar M2.

Quanto ao número de colmeias instaladas, no pomar M2 instalaram-se cinco colmeias e em M3 quatro, à razão de 4-5 colónias ha⁻¹. A instalação foi efectuada quando 20% das flores estavam abertas. A abertura das colmeias foi orientada a nascente.

Para cada variedade escolheram-se quatro árvores, de modo aleatório. Em cada árvore, escolheram-se cinco varas, uma por quadrante. Uma das varas, vara testemunha, foi envolta com uma rede de material plástico, com malha suficientemente reduzida, de modo a impedir a entrada de insectos de dimensão idêntica à das abelhas. As redes foram retiradas findo o período de floração.

No essencial, pretendeu-se analisar e comparar o comportamento fenológico e produtivo das variedades instaladas, em função do facto de se verificar ou não polinização entomófila. As observações realizaram-se no período Primavera-Verão dos anos de 2006 e 2007, a um ritmo diário durante os meses de Abril e Maio, e semanalmente durante o restante período.

Após a colheita, os frutos foram pesados, determinado o seu diâmetro equatorial, número total de sementes e °Brix.

Resultados e Discussão

Os gráficos 1 e 2 representam o comportamento fenológico das variedades implantadas nos pomares M2 e M3, do início ao fim da floração. Em termos de datas médias em que ocorreram as diferentes fases, verificam-se alguns problemas nos períodos de sobreposição entre polinizadoras e polinizadas, em especial para a variedade Mutsu, triplóide, que entra em plena floração muito antes das potenciais polinizadoras (Jonathan e Galas). Por sua vez, as Galas podem não ser polinizadas pela Jonathan, o que sucedeu no caso do pomar M3. A variabilidade do comportamento fenológico nos ramos observados é bastante ampla, garantindo períodos de sobreposição apreciáveis, que justificam as produções obtidas. Porém, parece-nos lícito associar esta variabilidade, quer às condições climáticas predominantes (frio invernal, temperatura e nebulosidade primaveris), quer às características do período de floração das variedades envolvidas.

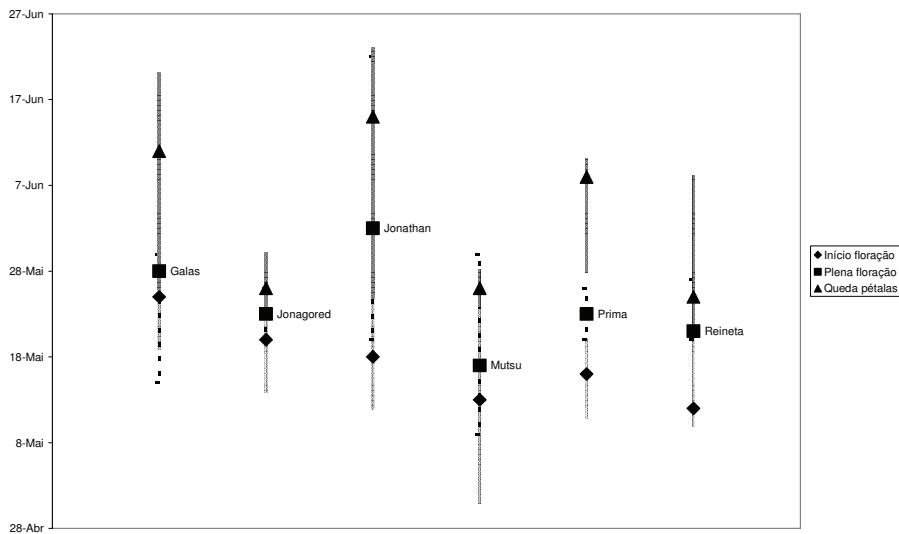


Gráfico 1. Comportamento fenológico das variedades instaladas no pomar M2, correspondente ao período de floração.

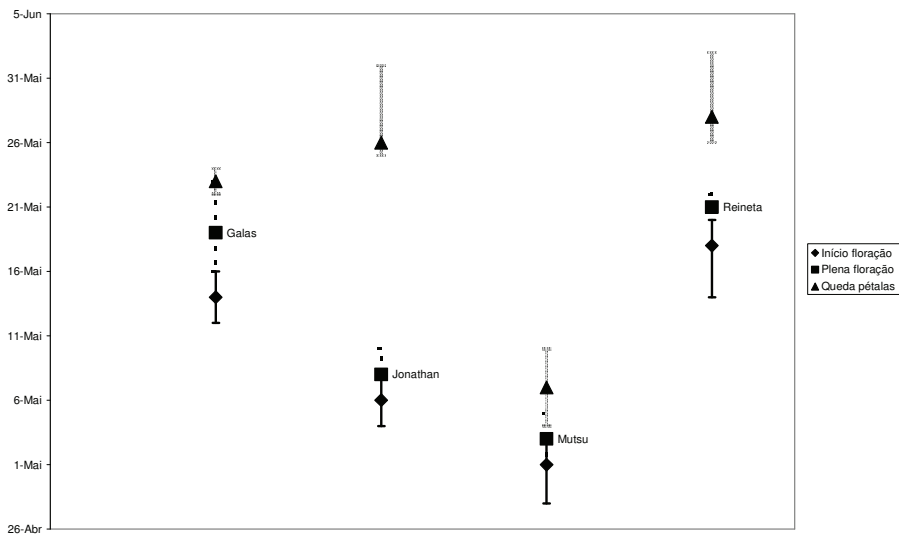


Gráfico 2. Comportamento fenológico das variedades instaladas no pomar M3, correspondente ao período de floração.

De acordo com o quadro 1, as varas testemunha, não polinizadas, possuíam menos flores do que as polinizadas. Este facto poderá, provavelmente, ser explicado pelo atrito produzido pela rede sobre os gomos iniciais, provocando a sua queda. Alterações microclimáticas induzidas pela mesma rede, poderiam constituir um outro tipo de explicação para o acontecido.

Quadro 1. Número médio e desvio-padrão do número de flores nas varas não polinizadas (VNP) e polinizadas (VP), por variedade e por pomar.

Variedades	Pomar M2		Pomar M3	
	VNP	VP	VNP	VP
<i>Gala</i>	60,3 ± 23,2	80,2 ± 39,9	80,7 ± 17,6	93,8 ± 53,4
<i>Mutsu</i>	45,4 ± 23,8	56,2 ± 24,8	50,5 ± 8,4	63,4 ± 21,0
<i>Jonathan</i>	41,9 ± 23,9	48,6 ± 30,5	61,1 ± 18,9	84,7 ± 34,8
<i>Reineta</i>	51,6 ± 13,2	65,6 ± 23,7	51,5 ± 16,2	68,0 ± 35,6
<i>Prima</i>	44,0 ± 22,2	67,9 ± 28,5	-	-
<i>Jonagored</i>	50,0 ± 16,1	56,2 ± 26,2	-	-

Segundo o quadro 2, as variedades do grupo Gala foram as mais visitadas em ambos os pomares, embora com uma amplitude de valores muito considerável. No pomar M2, a variedade Jonagored também foi muito visitada. As variedades Prima e Reineta Branca foram as menos visitadas. Os gráficos 3, 4 e 5, representativos da actividade das colmeias colocadas junto às variedades referidas e das condições ambientais prevalentes, são suficientemente elucidativos sobre a atracção das abelhas pelas flores de cada variedade. A variação do valor de temperatura média do ar, também pareceu condicionar o número de saídas da colmeia.

Quadro 2 – Valor médio e desvio padrão da percentagem de flores visitadas por abelhas, nos pomares M2 e M3.

Variedades	Pomar M2	Pomar M3
<i>Gala</i>	84,7 ± 61,4	78,4 ± 44,0
<i>Mutsu</i>	54,8 ± 35,1	55,2 ± 49,1
<i>Jonathan</i>	34,1 ± 35,8	49,8 ± 42,4
<i>Reineta</i>	31,2 ± 25,1	31,4 ± 32,2
<i>Prima</i>	36,1 ± 30,0	-
<i>Jonagored</i>	63,5 ± 43,5	-

O quadro 3 é representativo da percentagem média de vingamento de frutos, por variedade, varas polinizadas e não polinizadas, em dois pomares diferentes. Com excepção das variedades do grupo Gala, com diferenças mais reduzidas, a polinização pelas abelhas contribuiu para um aumento significativo do número de frutos vingados, mesmo para variedades como a Prima e Reineta Branca, menos visitadas, o que está de acordo com os valores de produção (quadro 4). Verifica-se que no caso das varas polinizadas, as variedades triplóides deram origem a maior número de frutos vingados do que as variedades diplóides, o que está de acordo com Modlibowska (1945), para quem as variedades triplóides são menos frequentemente auto-incompatíveis, contrariamente ao que acontece com as variedades diplóides.

Embora as variedades do grupo Gala possam apresentar algum grau de autocompatibilidade, necessitam contudo de ser polinizadas para poderem registar elevadas taxas de vingamento de frutos (Hampson e Kemp, 2003). Para alguns autores (Amarante *et al.*, 2002), as variedades do grupo Gala caracterizam-se por possuírem uma reduzida taxa de vingamento de frutos. A variedade Jonathan é considerada como polinizadora das variedades do grupo Gala, embora se possam obter melhores resultados recorrendo a variedades como a Winter Banana ou a Granny Smith. O número de flores por vara e a percentagem de flores visitadas são elevados, o que pressupunha maior número de frutos vingados. Nas observações fenológicas, a variedade Jonathan entrou em floração um pouco mais tarde que as Galas no pomar M2 e mais cedo no M3, tendo produzido relativamente poucas flores. Em ambos os pomares, os talhões onde estão implantadas as Galas e a Jonathan estão separados por outras variedades. Acresce ainda o facto de que, de acordo com análises foliares realizadas entre 2004 e 2007, se verifica uma redução significativa do teor em azoto, o que poderá igualmente ter contribuído para uma reduzida taxa de vingamento de frutos. Todos estes factores poderão justificar os valores apresentados, independentemente de qualquer outro tipo de condição inerente ao período de estudo.

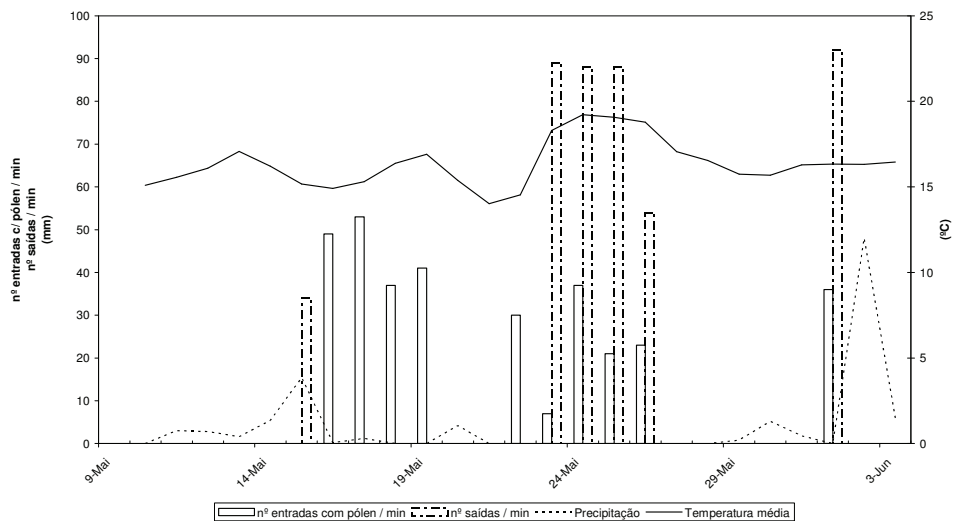


Gráfico 3 – Comportamento da colmeia situada junto à variedade Gala, pomar M2

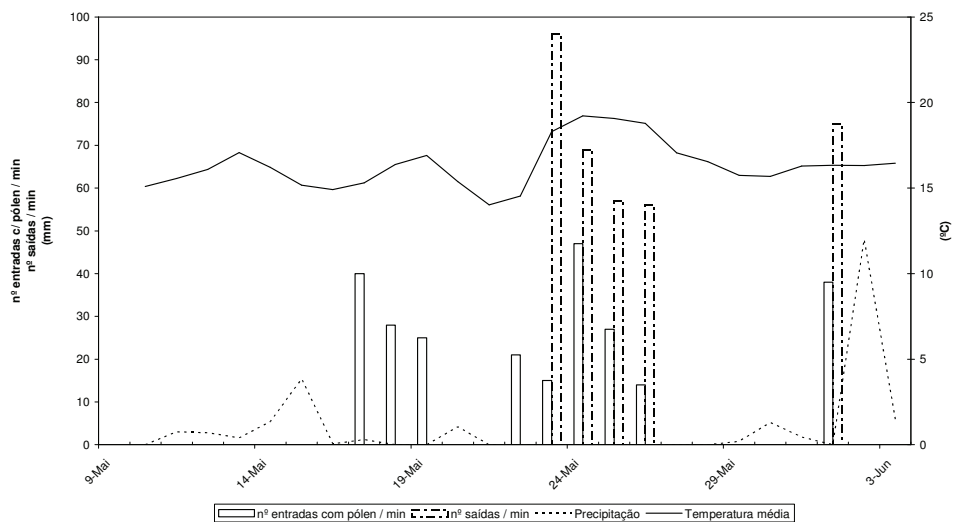


Gráfico 4 – Comportamento da colmeia situada junto à variedade Prima, pomar M2.

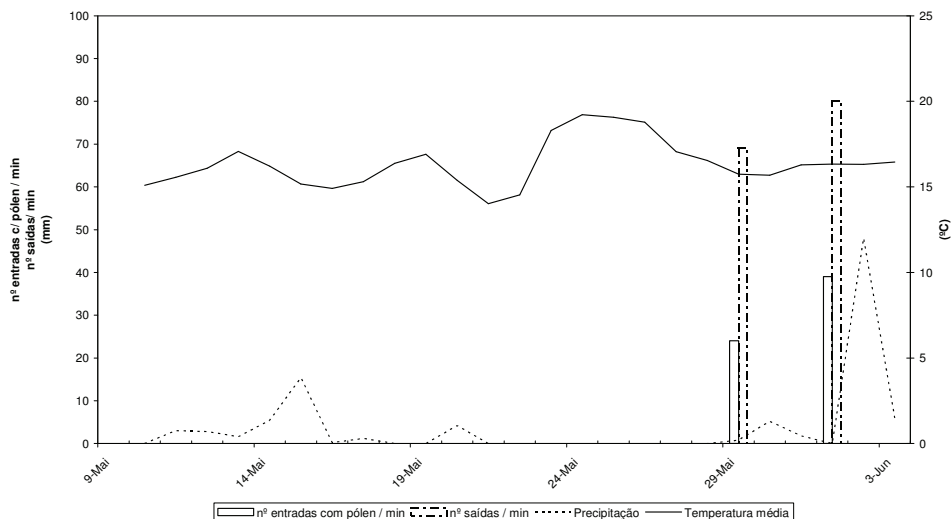


Gráfico 5 – Comportamento da colmeia situada junto à variedade Reineta Branca, pomar M3.

O número de sementes nos frutos das varas polinizadas, foi superior ao das varas não polinizadas (quadro 5), não existindo grandes diferenças no que respeita aos valores de ° Brix.

Quadro 3 – Percentagem média do número de frutos vingados por variedade e por pomar, para varas não polinizadas (VNP) e polinizadas (VP).

Variedades	Pomar M2		Pomar M3	
	VNP	VP	VNP	VP
<i>Gala</i>	4,9	9,2	3,8	6,8
<i>Mutsu</i>	9,9	20,6	9,5	24,8
<i>Jonathan</i>	14,5	23,9	5,4	14,6
<i>Reineta</i>	12,0	18,9	13,6	30,3
<i>Prima</i>	24,3	37,1	-	-
<i>Jonagored</i>	13,8	28,5	-	-

Com todas as limitações que um estudo desta natureza possa ter, nomeadamente devido ao método utilizado para evitar que as abelhas pudessem polinizar uma das varas escolhidas em cada árvore, a presença das abelhas conduziu a aumentos significativos em produção, superando de algum modo as limitações dos pomares, em termos de relação entre variedades polinizadoras e polinizadas e da sua disposição espacial nos pomares. Os resultados também permitem concluir que a polinização anemófila não tem qualquer expressão na produtividade da macieira, pelo que o recurso a técnicas como a de colocar ramalhetes floridos no pomar, só poderá ser potenciada, pela existência de um número adequado de insectos polinizadores.

Quadro 4 – Média e desvio-padrão da produção por vara (polinizadas e não polinizadas), expressa em gramas, assim como o acréscimo produtivo, expresso em termos percentuais, verificado nas varas polinizadas em relação às não polinizadas da mesma variedade.

Variedade	VNP		VP		Δ %	
	M2	M3	M2	M3	M2	M3
<i>Gala</i>	148,1 ± 0,0	116,0 ± 2,4	169,6 ± 92,6	147,2 ± 12,4	+14,5	+26,9
<i>Jonagored</i>	174,9 ± 30,9	-	201,2 ± 12,9	-	+15,0	-
<i>Jonathan</i>	153,7 ± 35,7	0,0	141,9 ± 8,0	134,8 ± 13,1	-7,7	+100
<i>Mutsu</i>	210,7 (n=1)	0,0	249,8 ± 68,6	249,0 ± 31,9	+18,6	+100
<i>Prima</i>	76,9 ± 31,2	-	115,7 ± 14,7	-	+50,5	-
<i>Reineta</i>	151,5 ± 42,7	-	151,7 ± 101,5	-	+0,1	-

Muitas variedades de macieira com características de boas polinizadoras podem encontrar nos Açores limitações à sua introdução, quer no que respeita às necessidades em frio invernal, com reflexos no comportamento fenológico durante o período primaveril, quer no valor comercial da sua produção. A

colocação de um número adequado de colmeias, capazes de compensar os possíveis desacertos fenológicos, potencia a capacidade produtiva das polinizadoras que se possam adaptar.

Quadro 5 – Valores médios e desvio-padrão de duas características dos frutos produzidos em varas polinizadas e não polinizadas, das variedades instaladas nos pomares estudados.

Variedades	Nº sementes				° Brix			
	VNP		VP		VNP		VP	
	M2	M3	M2	M3	M2	M3	M2	M3
Gala	0,0	1,0 ± 0,0	1,9 ± 1,3	1,9 ± 1,8	-	10,7 ± 0,0	10,7 ± 0,2	11,4 ± 0,3
Jonathan	2,4 ± 0,0	0,6 ± 0,0	2,6 ± 1,7	1,8 ± 1,5	14,1 ± 0,0	14,3 ± 0,0	14,3 ± 0,6	14,5 ± 0,6
Mutsu	-	-	2,7 ± 1,5	2,7 ± 1,5	12,9 ± 0,0	-	12,6 ± 1,0	11,1 ± 0,4
Reineta	2,3 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,6 ± 1,5	1,9 ± 1,4	10,7 ± 0,0	10,2 ± 0,0	12,0 ± 0,7	11,0 ± 0,7
Jonagored	2,6 ± 0,0	-	3,5 ± 1,7	-	14,0 ± 0,0	-	13,7 ± 0,4	-
Prima	1,4 ± 0,0	-	3,2 ± 2,7	-	10,8 ± 0,6	-	10,3 ± 1,0	-

Agradecimentos

Agradecemos à Fruter, em especial na pessoa da Senhora Engenheira Conceição Filipe, a ajuda que prestou nas observações realizadas durante o período de polinização de Maio de 2006.

Agradecemos aos Senhores Carlos Sousa e Jorge Sousa, todas as facilidades concedidas no acesso às suas explorações.

Referências bibliográficas

- Amarante, C.V., Ernani, P., Blum, E., Megguer, C. (2002). Thidiazuron effects on shoot growth, return bloom, fruit set and nutrition of apples. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 37, 10.
- Buchmann, S.L., Nabhan, G.P. (1997). *The forgotten pollinators*. Island Press. Washington DC, USA.
- Buchmann, S.L., Ascher J.S. (2005). The plight of pollinating bees. *Bee World*, 86, 71-74.
- Cuthbertson, A.G.S., Brown, M.A. (2006). The value of the honey bee and the need for it to be protected. *Biodiversity News*, 35.
- Church, R.M., Williams, R.R. (1983). Comparison of flowering dates and pollen release characteristics of several *Malus* cultivars used as pollinators for Cox's Orange Pippin apple. *Journal of Horticulture Science* 58, 349-353.
- Dennis, F. (2003). Flowering, pollination and fruit set and development. In *Apples – Botany, Production and Uses*, Cap. 7, 153-166. CAB International.
- Faust, M. (1989). *Physiology of temperate zone fruit trees*. New York, John Wiley & Sons.
- Free, J.B. (1964). Comparison of the importance of insect and wind pollination of apple trees. *Nature*, 201, 726-727.
- Hampson, C.R., Kemp, H. (2003). Characteristics of important commercial apple varieties. In *Apples – Botany, Production and Uses*, Cap. 4, 61-89. CAB International.
- Hoopingarner, R.A., Walker, G.D. (1993). Crop pollination. In: *The hive and the honeybee* (Graham, J.M., Editor). Dadan & Sons, Carthage, Illinois, USA.
- Michener, C.D. (2000). *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA & London, UK.
- Modlibowska, I. (1945). Pollen tube growth and embryo-sac development in apples and pears. *Journal of Pomology and Horticultural Science* 21, 57-89.
- Morse, R.A., Calderone, N.W. (2000). The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. *Bee Culture*, 128 (3).

- Neilsen, G., Neilsen, D. (2003). Nutritional requirements of apple. *In Apples – Botany, Production and Uses*, Cap. 12, 267-302. CAB International
- Sharma, H.K., Gupta, J.K., Thakur, J.R. (2004). Effect of bee pollination and polliniser proportion on apple productivity. *Acta Horticulturae*, 662, 451-454.
- Thomson, J.D., Goodell, K. (2001). Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. *Journal of Applied Ecology*, 38, 1032-1044.