



GUIA DE BOAS PRÁTICAS PARA A POLINIZAÇÃO NO AMENDOAL

POLINIZADORES NATIVOS E
FUNCIONAIS

FICHA TÉCNICA

TÍTULO

Guia de boas práticas para a polinização no amendoal: polinizadores nativos e funcionais

EDITORES

António Saraiva (Portugal Nuts) & Maria do Carmo Martins (COTHN-CC)

AUTORES E COPYRIGHT

Rafael A. P. de Carvalho (COTHN-CC)

PROPRIEDADE E EDIÇÃO

Portugal Nuts & COTHN-CC

REVISÃO DO TEXTO

António Saraiva, Maria do Carmo Martins, Pedro Acabado & Rafael A. P. de Carvalho

GRAFISMO

GLUD - Design Marketing e Comunicação, Lda

FOTOGRAFIAS

Rafael A. P. de Carvalho (COTHN-CC)

DATA DE IMPRESSÃO

Outubro de 2024

ISBN

978-989-35907-1-3



A Federação Nacional dos Apicultores de Portugal, enquanto representante do sector apícola, recomenda a consulta deste Guia a todos os interessados em serviços de polinização.

Nota: Por opção dos autores, o presente documento não está redigido segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, actualmente em vigor. Esta redacção segue as normas do anterior Acordo Ortográfico (1945)

CONTEÚDO

- | | | |
|---|---|---------|
| 1 | Introdução / Contextualização | 05 |
| 2 | Polinização cruzada e os polinizadores das amendoeiras | 06 — 09 |
| 3 | Boas práticas para fomento dos polinizadores funcionais e otimização da polinização cruzada das amendoeiras | 10 — 16 |
| 4 | Referências bibliográficas | 18 — 19 |



1 | INTRODUÇÃO/CONTEXTUALIZAÇÃO

A cultura da amendoeira (*Prunus dulcis* var. *dulcis* Miller D. A. Webb) em Portugal, embora histórica, nas regiões do Alto Douro, Trás-os-Montes e Algarve, ganhou nos últimos anos novos territórios, sobretudo no Alentejo, Beira Interior e Ribatejo quer pelas condições edafo-climáticas, quer pelas oportunidades agronómicas (eg. regadio e tecnológica) e conjuntura económica dos novos tempos. Para tal, tem sido determinante a instalação de cultivares que demonstram melhores aptidões produtivas, qualitativas e resiliência às nossas condições, cada vez mais adversas devido ao contexto de alterações climáticas. A introdução de diversas variedades, provenientes principalmente do mediterrâneo, mas também da região Californiana dos EUA, tem surgido também pela procura contínua de incrementar qualidade e acrescentar valor às amêndoas produzidas, consequência do valor nutricional que têm, e que lhes é reconhecido, nas dietas alimentares contemporâneas, equilibradas e ricas em nutrientes, com benefícios importantes para a saúde e bem-estar dos consumidores.

Simultaneamente, o amendoal em Portugal materializa a responsabilidade actual da agricultura moderna, sobretudo europeia, em produzir alimentos com qualidade e Segurança Alimentar, garantindo a Sustentabilidade Ambiental. Portanto, estes produtores, olham para este seu espaço como um Ecosistema Agrícola, e que lhe fornece um conjunto de Serviços (dos Ecosistemas) (eg. fertilidade do solo, controlo de pragas e de vectores de doenças, polinização) determinantes para a viabilidade agrícola e socio-económica das suas explorações. É fundamental, que haja a percepção inequívoca, que o Ecosistema Agrícola pertence a um Ecosistema mais vasto, o Natural, e que é altamente beneficiado pela Biodiversidade que flui e que se fixa nestes Ecosistemas. Só desta forma é que podemos obter áreas Agrícolas de Elevado Valor Natural (*High Nature Value farmland*), às quais os amendoais dos associados Portugal Nuts pretendem associar-se e desenvolver. Nestas, os polinizadores são elementos-chave, pois a cultura do amendoal é muito dependente da sua actividade para a produção (polinização cruzada), mas sobretudo para a qualidade dos seus frutos. Este documento apresenta a preocupação do sector com a saúde dos seus polinizadores, bem como, faz o merecido reconhecimento do seu importante valor, no e para o amendoal e para a saúde e bem-estar dos seus consumidores.



2 | POLINIZAÇÃO CRUZADA E OS POLINIZADORES DAS AMENDOEIRAS



A Polinização cruzada deve usufruir de todas as prioridades e esforços nas práticas agronómicas em amendoeiras pois, mesmo nas cultivares auto-férteis (Dicenta *et al.* 2001; Klein *et al.* 2012; Henselek *et al.* 2018), estimulam a optimização da produção e da qualidade das amêndoas (Klein *et al.* 2007; Bartomeus *et al.* 2014; Mallinger *et al.* 2015; Rader *et al.* 2016), quer sejam para o consumo em fresco ou processado (*eg.* pastelaria e bebidas). Além disto, contribuem significativamente para o cumprimento dos requisitos de Segurança Alimentar e para a rentabilidade da exploração agrícola (Aizen *et al.* 2008; Garibaldi *et al.* 2013; Garratt *et al.* 2014). Contudo, a garantia desta polinização, sucede da abundância e diversidade dos seus agentes – os polinizadores, que pela sua complexa multiplicidade de comportamentos, nomeadamente (i) alimentares (*eg.* recolha de pólen e/ou néctar) e de (ii) actividade (*eg.* frequência das visitas florais e preferência de condições meteorológicas), permitem cumprir a polinização das flores de forma eficaz e síncrona à fisiologia das plantas (Albrecht *et al.* 2012; Badenes & Byrne, 2012). Portanto, as amendoeiras são significativamente dependentes da presença dos seus polinizadores (Figura 1), sendo eles os naturais (espontâneos do local/região) ou os colocados (*eg.* colmeias de abelhas-melíferas, caixas de abelhões e/ou de outras abelhas silvestres) (Bosch & Blas, 1994; Klein *et al.* 2012).



Figura 1 | Polinizadores funcionais da amendoeira (A – Abelha-melífera, B – Abelhão-de-cauda-amarela, C – *Osmia* spp.).

Na nossa região biogeográfica, a Paleártica, os polinizadores naturais são, maioritariamente artrópodes, principalmente insectos (Classe: *Insecta*) em particular Abelhas (Epifamília: *Anthophila*), Moscas (Ordem: *Diptera*), Borboletas (Ordem: *Lepidoptera*), Vespas (Família: *Vespidae*) e Coleópteros (Ordem: *Coleoptera*) (Carvalho *et al.* 2013; Rasmont *et al.* 2015). Porém, o grupo das Abelhas destaca-se, sobretudo pela sua biologia ser indissociável da das plantas com flor (Angiospérmicas). Actualmente, conhecem-se 746 espécies de abelhas em Portugal (quantidade em revisão, pois estima-se que possam ser cerca de 800, devido aos recentes esforços no conhecimento desta fauna), no contexto de, aproximadamente, 2500 espécies estimadas para todo o continente europeu (Nieto *et al.* 2014). Nestas, destaca-se a abelha-melífera (*Apis mellifera*) pela sua significativa importância antropológica, observada em diversos aspectos históricos, culturais, sociais e económicos. Esta sua relevância é demonstrada na História da Humanidade desde há 4500 anos e continua a ser decisiva nos tempos modernos (Jones, 2014; Boff & Calderone, 2015). Contudo, no contexto biogeográfico português é de salientar o contributo decisivo, eventualmente ainda subvalorizado, das restantes abelhas silvestres, as 745 espécies, na complexa rede de polinização natural, quer para a flora nativa quer para as plantas agrícolas.

Para todas as nossas abelhas é essencial destacar que:

- i. cada espécie de abelha tem as suas preferências florais (*eg.* sabor do néctar e/ou do pólen, cor e/ou aroma das flores) resultando em contributos diferentes na polinização cruzada de qualquer planta, inclusive nas agrícolas, sendo por vezes visível até entre as variedades de uma cultivar (Sánchez *et al.* 2022). Portanto, a mesma espécie de abelha pode revelar-se uma ótima polinizadora (funcional) para uma variedade de amendoeiras e não ser eficaz para uma outra variedade de amendoeiras (Figura 2A);
- ii. a actividade é beneficiada pela presença e competição entre diferentes polinizadores. O melhor desempenho da abelha-melífera resulta da concorrência pelos recursos (*eg.* alimentares) feita pelas outras espécies de abelhas (Roubik, 1995; Potts *et al.* 2005; Michener, 2007; Goulson, 2010; Willmer, 2011);
- iii. a maioria destas espécies têm pouca capacidade de dispersão/deslocação (cerca de 100 metros, no máximo, em volta do seu abrigo), inviabilizando a sua ocupação total por um vasto amendoal (Roubik, 1995; Potts *et al.* 2005; Michener, 2007; Goulson, 2010; Willmer, 2011) e uma polinização homogénea de todo o pomar (Figura 2B);
- iv. as suas necessidades alimentares (*eg.* pólen e/ou néctar) e preferência floral (*eg.* espécie de planta) variam ao longo do dia, das condições meteorológicas e da estação do ano, em função do seu desenvolvimento e ciclo de vida (*eg.* época reprodutiva, fase das suas larvas), razão pela qual são obrigadas a procurar alguma diversidade de fontes alimentares (*eg.* plantas de diferentes Famílias taxonómicas) (Roubik, 1995; Potts *et al.* 2005; Michener, 2007; Goulson, 2010; Willmer, 2011);

v. os abrigos, para a maioria destas espécies, são essencialmente no solo, em vários tipos de substrato e oportunidades (eg. exposição à radiação/ensombramento). No entanto, algumas das espécies utilizam cavidades naturais e/ou artificiais (eg. palhinhas). Todavia, são sempre em zonas próximas dos recursos alimentares ricos e diversificados, de acordo com a avaliação e requisitos próprios de cada espécie (Roubik, 1995; Potts *et al.* 2005; Michener, 2007; Goulson, 2010; Willmer, 2011; Sánchez *et al.* 2022);

vi. a nossa região biogeográfica, sobretudo pelas particularidades ombrotérmicas (precipitação e temperatura) e disponibilidade alimentar durante todo o ano, possibilitam às nossas espécies de abelhas fazerem uma diapausa, isto é, apresentam uma menor actividade metabólica em períodos curtos e pontuais, em resposta às condições mais adversas. Condição diferente de uma hibernação que se caracteriza por uma redução quase total da actividade metabólica, com ausência total da actividade física por um longo período temporal (Roubik, 1995; Potts *et al.* 2005; Michener, 2007; Goulson, 2010; Willmer, 2011).

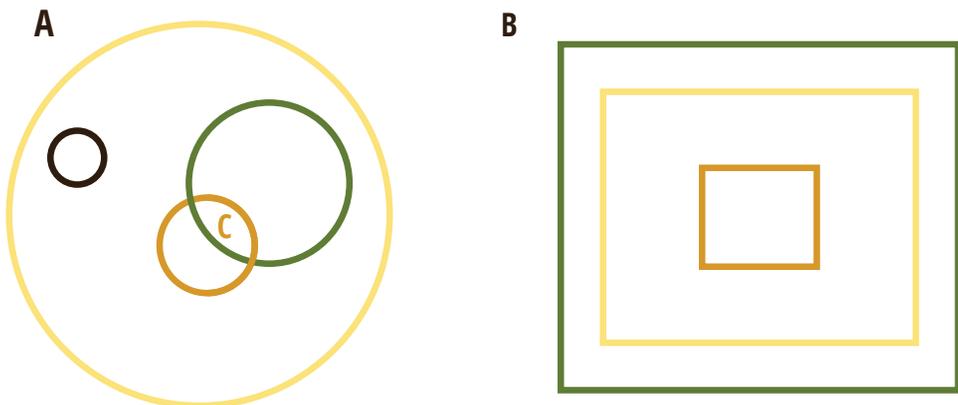


Figura 2 | Esquemas ilustrativos | A – Diversidade de polinizadores (espécies) no pomar de amendoeiras com os polinizadores funcionais das variedades X (a verde), Y (a amarelo escuro) e Z (a castanho). Em C estão as espécies que são polinizadoras comuns às duas variedades X e Y | B – Distribuição heterogénea dos indivíduos no pomar (a verde – elevada; a amarelo claro – média e a amarelo escuro - baixa).

**3 | BOAS PRÁTICAS PARA
FOMENTO DOS POLINIZADORES
FUNCIONAIS E OPTIMIZAÇÃO
DA POLINIZAÇÃO CRUZADA DAS
AMENDOEIRAS**



É fundamental **capacitar o amendoal com zonas de alimento e/ou refúgio para os polinizadores** naturais (abelhas silvestres), mas também para os polinizadores colocados, sobretudo para a abelha-melífera. Serão essas zonas, naturais ou instaladas, que irão disponibilizar o recurso alimentar complementar (recolha/procura de néctar e/ou pólen), vital para as necessidades diárias das abelhas-melíferas, permitindo o seu equilíbrio nutricional e fisiológico em proveito de uma colmeia saudável, forte e comprometida com a função de polinização cruzada do amendoal (transporte e disseminação de pólen).

Desta forma, é benéfico garantir um enrelvamento (cobertura vegetal da entre-linha) com uma mistura de diversas plantas herbáceas com flor e com a sua floração síncrona à floração das cultivares de amendoeira a polinizar (Figura 3) (Sánchez *et al.* 2022).

É também importante a preservação de áreas naturais pré-existentes na exploração e/ou a conversão de áreas não-produtivas (*eg.* margens do pomar e/ou de caminhos, envolvente de armazéns e/ou casas das bombas e/ou de apoio agrícola) para áreas com coberto vegetal, especialmente arbustivo, que possam diversificar a oferta de recursos alimentares e/ou de refúgios aos polinizadores funcionais (Sánchez *et al.* 2022) do amendoal. Em todas estas coberturas vegetais (herbáceas nas entre-linhas e herbáceas e/ou arbustivas nas restantes áreas não-produtivas), deve-se optar por plantas de espécies autóctones, adequadas às características edafo-climáticas do pomar e que não sejam repositórios e/ou hospedeiras de pragas das amendoeiras ou vectores de agentes patogénicos (Sánchez *et al.* 2022). Deve-se consultar um especialista que possa orientar na selecção de plantas que devem ser preservadas ou instaladas em cada uma das áreas não-produtivas (*eg.* bosquetes, entre-linhas, margens e envolvente de edificado agrícola).



Figura 3 | Enrelvamento (cobertura vegetal da entre-linha) com floração síncrona à floração da cultivar de amendoeira.

O **efectivo de Polinizadores Funcionais** (número de indivíduos/polinizadores) para a optimização da polinização cruzada, é muito dependente de inúmeras variáveis biológicas inerentes aos polinizadores, à própria comunidade dos polinizadores e às cultivares em questão (eg. densidade das árvores, intensidade e duração da floração, tipo de flor). Contudo, para o amendoal instalado em Portugal com cultivares auto-incompatíveis (eg. californianas) é aconselhável a colocação de 8 a 10 colmeias de abelhas-melíferas por hectare, podendo estarem agrupadas em 24 a 25 colmeias, no máximo. Já para as cultivares auto-férteis (eg. mediterrânicas), é aconselhável a colocação de 2 a 4 colmeias por hectare, podendo estar agrupadas em 12 a 15 colmeias, no máximo (Figura 4) (Pedro Acabado, comunicação pessoal, Março de 2024; Thorp, 2000; Bosch & Kemp, 2001; Brittain & Kremen, 2013; Sánchez *et al.* 2022). Se a preferência for por abelhões-de-cauda-amarela (*Bombus terrestris*) devem-se colocar 6 a 8 caixas (1200 a 1600 indivíduos) por hectare nas cultivares auto-incompatíveis, e 4 a 6 caixas (800 a 1200 indivíduos) por hectare nas variedades auto-férteis (Velthuis & Doorn, 2006; Goulson, 2010). Se se optar por abelhas do género *Osmia* spp., detalhadamente *O. cornuta* e/ou *O. bicornis*, devem-se colocar 2 a 3 caixas (500 a 700 indivíduos) por hectare nas cultivares auto-incompatíveis, e 1 a 2 caixas (250 a 500 indivíduos) por hectare nas variedades auto-férteis (Sáez *et al.* 2020; Bosch *et al.* 2021).



Figura 4 | A - Distribuição de um conjunto de colmeias. | B e C - Trabalhos de monitorização apícola, da sanidade e actividade da colmeia. | D – Enxame de uma das colmeias do pomar.

Para os Polinizadores Funcionais nativos, é aconselhável a colocação de abrigos (solo e/ou cavidades) (Figura 5), próximo das zonas com alimento complementar, numa distribuição de um abrigo por cada dois hectares, no máximo (Sánchez *et al.* 2022). Deverá ser uma prioridade aumentar a diversificação de habitats de qualidade para estimular a fixação e distribuição homogénea da biodiversidade deste grupo de polinizadores (Tschardt *et al.* 2005; Rundlöf & Smith, 2006; Kremen & Miles, 2012; Kennedy *et al.* 2013; Garibaldi *et al.* 2014; Batáry *et al.* 2015; Hass *et al.* 2018).

Porém, o número ideal de polinizadores varia com as condições específicas e enquadramento natural de cada pomar, sendo assim, recomendável consultar um especialista em polinização para obter uma recomendação mais personalizada e totalmente adequada a cada exploração.



Figura 5 | Abrigos dos Polinizadores Funcionais nativos (A – no solo e B – em cavidades artificiais – palhinhas próprias para o efeito).

A **Protecção e Sanidade da Cultura** é um factor crucial na agricultura actual e no aprovisionamento alimentar. Assim, as aplicações de produtos fitofarmacêuticos (PF) que são, possivelmente indispensáveis, podem ser também compatíveis com as necessidades e actividade dos polinizadores da cultivar. Para tal, requererem-se alguns ajustes temporários nas práticas contemporâneas destas aplicações, transferindo-as essencialmente para o período nocturno e, sempre que possível, com as colmeias/caixas fechadas e/ou, em último recurso, retiradas provisoriamente. Os PF, mesmo que indicados nos rótulos como inócuos para as abelhas (*eg. fungicidas*), representam uma bioacumulação de resíduos de algumas das substâncias químicas que, a médio prazo, enfraquecem e inviabilizam as populações de polinizadores, comprometendo significativamente o efectivo populacional que realiza a polinização (Godfray *et al.* 2014; Goulson *et al.* 2015; Lundin *et al.* 2015; Simon-Delso *et al.* 2015; Sgolastra *et al.* 2017; Tsvetkov *et al.* 2017; Woodcock *et al.* 2017; Zhang *et al.* 2020).

Optando-se pela **instalação temporária de Polinizadores Funcionais**, nomeadamente, de colmeias de abelhas-melíferas e/ou caixas de abelhões-de-cauda-amarela, ou de abelhas solitárias (*eg. Osmia spp.*), todos os agentes envolvidos (agricultores/produtores, apicultores, empresas e/ou responsáveis pela colocação destes polinizadores) devem seguir a mais elementar e transversal orientação e responsabilidade de preservar uma comunicação frequente e assertiva, de forma a proteger o bem-estar e saúde destes polinizadores e garantir o excelente serviço de polinização cruzada. Após esta premissa, o trabalho de gestão, de todos os agentes, será facilitado e deverá seguir o seguinte processo (Tabela 1).



Tabela 1 | Resumo orientador das principais responsabilidades/tarefas do Apicultor e do Agricultor para a optimização da Polinização cruzada do amendoal.

	APICULTOR / PRESTADOR	PRODUTOR
ANTECIPADAMENTE	CONTRATO - Discutir e estabelecer as condições do Serviço de Polinização Dirigida (SPD) efectuado pelos apicultores no amendoal para garantia da optimização da polinização cruzada e do rendimento agrícola (1)	
ANTES DA FLORAÇÃO	<ol style="list-style-type: none"> 1 Requerer e discutir o Plano de Aplicações de Produtos Fitofarmacêuticos (PAPF) com o Agricultor. 2 Requerer a data do início da floração prevista da cultivar sujeita à polinização. 3 Garantir atempadamente a operacionalidade da colmeia para a polinização cruzada, isto é, procura de pólen, logo a existência de criação aberta e obreiras mais velhas. 4 Estudo da distribuição (mais homogénea possível) e densidade das colmeias no pomar. 5 Garantir a colocação das colmeias atempadamente, isto é, no máximo, 8 dias anterior ao início da floração da cultivar sujeita à polinização. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Disponibilizar e discutir o Plano de Aplicações de Produtos Fitofarmacêuticos (PAPF) com o Apicultor. 2 Disponibilizar toda a informação (eg. início da floração, alterações ao PAPF) necessária e pertinente à regular actividade dos polinizadores e da acção apícola. 3 Se possível, garantir o enrelvamento com floração síncrona à cultivar sujeita à polinização cruzada. 4 Manter a fácil e livre acessibilidade dos caminhos aos locais das colmeias, para os respectivos trabalhos de monitorização.
À ENTRADA DAS COLMEIAS	<ol style="list-style-type: none"> 1 Instalação dos suportes para as colmeias (eg. paletes de madeira). 2 Instalação das colmeias na orientação correcta (entrada/saída virada para Sul nascente). 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Monitorização regular, de todas as colmeias em todas as semanas, para verificação da sua operacionalidade (procura de pólen), estado sanitário (parasitas e/ou doenças) e da população (eg. enxameação). 2 Não aproveitamento de qualquer produto destas colmeias (eg. mel, pólen, cera, geleia real).



<p>DURANTE A FLORAÇÃO</p>	<p>1 Monitorização regular, de todas as colmeias em todas as semanas, para verificação da sua operacionalidade (procura de pólen), estado sanitário (parasitas e/ou doenças) e da população (eg. enxameação).</p> <p>2 Não aproveitamento de qualquer produto destas colmeias (eg. mel, pólen, cera, geleia real).</p>	<p>1 Comunicar eventuais necessidades de correcções ao PAPF.</p> <p>2 Gestão do enrelvamento para uma floração síncrona à cultivar sujeita à polinização cruzada.</p>
<p>APÓS A FLORAÇÃO</p>	<p>1 Retirar atempadamente as colmeias para regularização das actividades agronómicas, especialmente de Protecção e Sanidade da Cultura.</p> <p>2 Não aproveitamento de qualquer produto destas colmeias (eg. mel, pólen, cera, geleia real).</p>	<p>1 Comunicar atempadamente o fim da floração da cultivar para regularização das actividades agronómicas, especialmente de Protecção e Sanidade da Cultura.</p> <p>2 Gestão contínua do enrelvamento.</p>
<p>TODO O PROCESSO</p>	<p>Uma comunicação frequente (diária, se possível) e assertiva para protecção da cultura (rendimento agrícola) e dos polinizadores (rendimento apícola).</p>	

(1) A Portugal Nuts dispõe de minuta de contrato para serviços de polinização, para os seus associados.



4 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- | Aizen, M. A., and L. D. Harder (2007). *Expanding the limits of the pollen limitation concept: effects of pollen quantity and quality*. Ecology, 88: 271–281.
- | Aizen, M. A., L. A. Garibaldi, S. A. Cunningham, and A. M. Klein (2008). *Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency*. Curr. Biol. 18: 1572–1575.
- | Albrecht, M., B. Schmid, Y. Hautier, and C. B. Müller (2012). *Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success*. Proc. Biol. Sci. 279: 4845–4852.
- | Badenes, M. L., and D. H. Byrne (2012). *Fruit breeding*, 8th ed. Springer US, Boston, MA.
- | Bartomeus, I., S. G. Potts, I. Steffan-Dewenter, B. E. Vaissière, M. Woyciechowski, K. M. Krewenka, T. Tscheulin, S. P. Roberts, H. Szentgyörgyi, C. Westphal, et al. (2014). *Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification*. PeerJ. 2: e328.
- | Batáry, P., Dicks, L. V., Kleijn, D., & Sutherland, W. J. (2015). *The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management*. Conservation Biology, 29(4), 1006–1016.
- | Boff, S., & Calderone, N. W. (2015). *The historical significance of Apis mellifera in European agricultural development*. Journal of Apicultural Research, 54(4), 305–315.
- | Bosch, J., & Kemp, W. P. (2001). *How to manage the blue orchard bee as an orchard pollinator*. USDA Agricultural Research Service.
- | Bosch, J., & M. Blas (1994). *Foraging behaviour and pollinating efficiency of Osmia cornuta and Apis mellifera on almond (Hymenoptera, Megachilidae and Apidae)*. Appl. Entomol. Zoolog. 29: 1–9.
- | Bosch, J., Osorio-Canadas, S., Sgolastra, F.; Vicens, N. (2021) *Use of a Managed Solitary Bee to Pollinate Almonds: Population Sustainability and Increased Fruit Set*. Insects 2021, 12, 56. <https://doi.org/10.3390/insects12010056>.
- | Brittain, C., & Kremen, C. (2013). *Honey bees, wild bees, and pollination in orchards: Crop pollination requirements, wild pollinator service, and agroecosystem management*. Ecological Entomology, 38(4), 260–271.
- | Brittain, C., C. Kremen, and A. M. Klein (2013). *Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions*. Glob. Chang. Biol. 19: 540–547.
- | Carvalheiro, L. G., Kunin, W. E., Keil, P., Aguirre-Gutiérrez, J., Ellis, W. N., Fox, R., & Biesmeijer, J. C. (2013). *Species richness declines and biotic homogenization have slowed down for NWEuropean pollinators and plants*. Ecology Letters, 16(7), 870–878.
- | Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Leonhardt, S. D., Aizen, M. A., Blaauw, B. R., Isaacs, R. & Klein, A. M. (2014). *From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators*. Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(8), 439–447.
- | Garratt, M. P., T. D. Breeze, N. Jenner, C. Polce, J. C. Biesmeijer, and S. G. Potts (2014). *Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value*. Agric. Ecosyst. Environ. 184: 34–40.
- | Godfray, H. C. J., Blacquière, T., Field, L. M., Hails, R. S., Petropoulos, G., Potts, S. G., & McLean, A. R. (2014). *A restatement of recent advances in the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators*. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281(1786), 20140558.
- | Goulson, D. (2010). *Bumblebees: Behaviour, ecology, and conservation* (2ª ed.). Oxford University Press.
- | Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). *Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers*. Science, 347(6229), 1255957.
- | Hass, A. L., Kormann, U. G., Tschamntke, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., ... & Batáry, P. (2018). *Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe*. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1872), 20172242.
- | Jones, R. (2014). *Beekeeping in medieval Europe: Apis mellifera in agriculture and society*. Agricultural History, 88(2), 157–176.
- | Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R., & Kremen, C. (2013). *A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems*. Ecology Letters, 16(5), 584–599.
- | Klein, A. M., B. E. Vaissière, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, and T. Tschamntke (2007). *Importance*

- of pollinators in changing landscapes for world crops*. Proc. Biol. Sci. 274: 303–313.
- | Klein, A. M., S. D. Hendrix, Y. Clough, A. Scofield, and C. Kremen (2015). *Interacting effects of pollination, water and nutrients on fruit tree performance*. Plant Biol. (Stuttg). 17: 201–208.
- | Klein, A.-M., C. Brittain, S. D. Hendrix, R. Thorp, N. Williams, and C. Kremen (2012). *Wild pollination services to California almond rely on semi-natural habitat*. J. Appl. Ecol. 49: 723–732.
- | Kremen, C., & Miles, A. (2012). *Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs*. Ecology and Society, 17(4), 40.
- | Lundin, O., Rundlöf, M., Smith, H. G., Fries, I., & Bommarco, R. (2015). *Neonicotinoid insecticides and their impacts on bees: A systematic review of research approaches and identification of knowledge gaps*. PLoS ONE, 10(8), e0136928.
- | Michener, C. D. (2007). *The bees of the world (2ª ed.)*. Johns Hopkins University Press.
- | Nieto, A., Roberts, S. P. M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., Garcia Criado, M., & Biesmeijer, J. C. (2014). *European Red List of bees*. IUCN.
- | Potts, S. G., Vulliamy, B., Roberts, S., O'Toole, C., & Willmer, P. (2005). *Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape*. Ecological Entomology, 30(1), 78-85.
- | Rasmont, P., Franzén, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S. P. M., Biesmeijer, J. C., & Schweiger, O. (2015). *Climatic risk and distribution atlas of European bumblebees*. Pensoft Publishers.
- | Roubik, D. W. (1995). *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- | Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2006). *The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context*. Journal of Applied Ecology, 43(6), 1121-1127.
- | Sáez, A., Aizen, M.A., Medici, S. et al. (2020) *Bees increase crop yield in an alleged pollinator-independent almond variety*. Sci Rep 10, 3177. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59995-0>.
- | Sánchez, C., Godinho, J., Casaca, J., Queirós, M. F., Azevedo, M., De Carvalho, R. & Maia De Sousa, R. (2022) *Polinização entomófila para optimização da qualidade em fruticultura profissional* (Grupo Operacional PoliMax – Promoção e aumento da eficiência da polinização entomófila em maceiras, pereiras e cerejeiras / PDR2020-101-031727), COTHN-CC, 978-972-8785-29-1.
- | Sgolastra, F., Medrzycki, P., Bortolotti, L., Maini, S., & Porrini, C. (2017). *Effects of neonicotinoid dust from maize seed-dressing on honeybees*. Bulletin of Insectology, 70(1), 71-77.
- | Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Chagnon, M., Downs, C., & Wiemers, M. (2015). *Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): Trends, uses, mode of action and metabolites*. Environmental Science and Pollution Research, 22(1), 5-34.
- | Thorp, R. W. (2000). *Almond pollination*. S. A. Schneider (Ed.), California Almond Growers' Pollination Handbook (pp. 9-12). Davis, CA: University of California Cooperative Extension.
- | Tschardtke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). *Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management*. Ecology Letters, 8(8), 857-874.
- | Tsvetkov, N., Samson-Robert, O., Sood, K., Patel, H. S., Malena, D. A., Naughton, C., & Zayed, A. (2017). *Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops*. Science, 356(6345), 1395-1397.
- | Velthuis, H.H.W., & van Doorn, A. (2006). *A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination*. Apidologie, 37(4), 421–451. doi:10.1051/apido:2006019
- | Willmer, P. G. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.
- | Woodcock, B. A., Bullock, J. M., Shore, R. F., Heard, M. S., Pereira, M. G., Redhead, J., & Pywell, R. F. (2017). *Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees*. Science, 356(6345), 1393-1395.
- | Zhang, Y., Zheng, X., Jin, Y., & Hu, R. (2020). *Mitigation of pesticide pollution by planting buffer strips in agricultural landscapes: A meta-analysis*. Environmental Science & Technology, 54(8), 4747-4757.



PROJETO COFINANCIADO POR:

