



# IMPACTO DOS DÉFICES DE POLINIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE KIWI EM PORTUGAL



Helena Castro, Catarina Siopa,  
Vinícius Casais, Mariana Castro,  
João Loureiro, Hugo Gaspar,  
Sílvia Castro

Universidade de Coimbra,  
Centro de Ecologia Funcional,  
Departamento de Ciências da Vida

## RESUMO

A polinização eficiente é um processo fundamental para a viabilidade económica da cultura do kiwi (*Actinidia* spp., Actinidiaceae), sendo a produção bruta e o calibre do fruto fortemente influenciados pela disponibilidade de pólen no pomar e a quantidade e qualidade do pólen que chega aos estigmas. Na região de produção de kiwi em Portugal, estudos anteriores mostraram que os défices de polinização, apesar de não serem muito severos, variam no tempo e no espaço. Portanto, para avaliar a necessidade de práticas de suporte à polinização, torna-se fundamental perceber qual é o impacto destes défices na produção e rentabilidade da cultura. Assim, e com base em resultados obtidos anteriormente, utilizámos valores de produção, calibre do fruto e respetivo valor de mercado para estimar o impacto económico dos défices de polinização.

Os resultados mostram que a polinização suplementar tende a aumentar a produtividade e o ganho monetário, quer seja por aumentar a produção de frutos do pomar, quer seja por aumentar o calibre dos frutos. Este padrão foi mais evidente nos pomares em que detetámos limitação de pólen, o que realça a importância de uma polinização adequada na produção de kiwi. Apesar da sua importância, a polinização continua a ser um dos fatores de gestão do pomar mais negligenciados. Compreender melhor as necessidades de polinização nos pomares é, assim, fundamental para melhorar a produção e para um uso mais eficiente dos recursos, o que pode em última análise, resultar num maior ganho financeiro.

**Palavras-chave:** *Actinidia*, calibre, serviços do ecossistema, valor de mercado.

## INTRODUÇÃO

Mais de 75% das culturas agrícolas dependem de polinizadores para a produção e/ou qualidade do fruto (Klein *et al.*, 2007), o que tem levado a um crescente interesse na avaliação do impacto económico dos serviços de polinização. Vários estudos têm demonstrado que os polinizadores, ao promoverem a eficaz transferência de pólen entre flores e di-

minuírem a limitação de pólen nos pomares, contribuem para maior produção agrícola e/ou maior valor de mercado e, conseqüentemente para um maior rendimento (ex., Garratt *et al.*, 2014; Pérez-Méndez *et al.*, 2020). A magnitude da limitação de pólen pode ser estimada com experiências de polinização controlada, comparando a produção de fruto e/ou semente de flores expostas à polinização natural com a de flores que receberam suplementação manual de pólen (Saéz *et al.*, 2019). Se as plantas polinizadas manualmente produzirem mais sementes, mais frutos ou frutos maiores e de melhor qualidade do que as expostas à polinização natural, então a produção encontra-se limitada pela receção de pólen. No contexto agrícola, isto indica que a produção é limitada pela polinização, sendo importante identificar a magnitude e causas dessa limitação e o correspondente impacto económico.

**«Se as plantas polinizadas manualmente produzirem mais sementes, mais frutos ou frutos maiores e de melhor qualidade do que as expostas à polinização natural, então a produção encontra-se limitada pela receção de pólen»**

À semelhança do que ocorre num grande número de culturas, a produção e viabilidade económica da cultura do kiwi (*Actinidia* spp., Actinidiaceae) depende da existência de polinização eficiente, uma vez que o tamanho do fruto está correlacionado com o número de sementes formadas, que por sua vez dependem do número e qualidade dos grãos de pólen que chegam aos estigmas (Ferguson, 2013). Estima-se que sejam necessários 2000 a 3000 grãos de pólen viáveis para que uma flor dê origem a um fruto de peso igual ou superior a 100 gramas (Ferguson, 1984; Tacconi *et al.*, 2016; Testolin *et al.*, 1991). Uma polinização ineficiente resulta na produção de frutos de menor tamanho, deformados e/ou pouco uniformes, o que se traduz em

percentagens elevadas de frutos com um valor de mercado reduzido ou nulo (Oliveira *et al.*, 2009; Tacconi *et al.*, 2016).

Este estudo teve como objetivo avaliar os potenciais impactos da existência de défices de polinização na produção e rentabilidade em pomares de kiwi distribuídos pela totalidade da área de produção desta cultura em Portugal. Para tal, e com base em dados obtidos em estudos anteriores (Castro *et al.*, 2021; Castro *et al.*, 2022), os valores de produção, calibre do fruto e respetivo valor de mercado foram usados para estimar o impacto económico dos défices de polinização.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os frutos resultantes de experiências de polinização controlada, realizadas em estudos anteriores (Castro *et al.*, 2021; Castro *et al.*, 2022) durante a floração, em nove pomares no ano de 2018 e em 22 pomares no ano de 2019, foram distribuídos por diferentes classes e calibres seguindo a tabela fornecida pela Associação Portuguesa de Kiwicultores (APK). Kiwis com razão diâmetros curto-longo inferior a 0,75 e/ou com deformações ou danos na pele foram atribuídos à classe II, enquanto os restantes foram atribuídos à classe I. Dentro de cada classe os frutos foram distribuídos por 11 categorias (18, 20, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 39, 42 ou 46) em função do seu peso. Frutos com peso inferior a 65 g foram classificados como refugo e considerados sem valor de mercado.

**«A polinização suplementar resultou, em ambos os anos, na formação de uma proporção significativamente menor de frutos pequenos e numa proporção significativamente superior de frutos grandes quando comparada com a polinização aberta»**

De modo a estimar os efeitos da limitação de pólen na produção de kiwi, a produção resultante da polinização natural foi comparada com aquela resultante de uma polinização ótima, aqui representada pela polinização suplementar. Os valores de produção bruta foram fornecidos pelos responsáveis por cada pomar, tanto para 2018 como para 2019.

Os valores de produção em condições ótimas de polinização foram estimados considerando o incremento no número de frutos formados resultante da polinização suplementar em relação à polinização natural e considerando a limitação de pólen obtida para cada pomar. Para isso foi utilizada a equação seguinte:

$$Popt = Po + (Po*PL) + (Po*Fs)$$

Em que:  $Popt$  é a produção em condições ótimas;  $Po$  é a produção resultante da polinização natural;  $PL$  é a limitação de pólen; e  $Fs$  é a diferença na percentagem de frutos formados entre os tratamentos de polinização suplementar e de polinização natural. A limitação de pólen de cada pomar foi calculada usando a equação proposta por Larson & Barrett (2000):

$$PL = 1 - A/S$$

Onde:  $A$  é o peso dos frutos resultantes da polinização natural; e  $S$  é o peso dos frutos resultantes da polinização suplementar.

O impacto económico da limitação de pólen foi estimado comparando o ganho monetário resultante da polinização natural com o que resultou da polinização ótima. O ganho monetário foi estimado calculando o valor, em euros (€), correspondente à produção de cada pomar, tanto como resultado da polinização natural como da polinização suplementar, e tendo em consideração a percentagem de frutos em cada classe e calibre, e os respetivos valores pagos ao produtor. Os preços médios pagos ao produtor por classe e calibre foram fornecidos pela APK. Os cálculos foram realizados de acordo

com a seguinte equação:

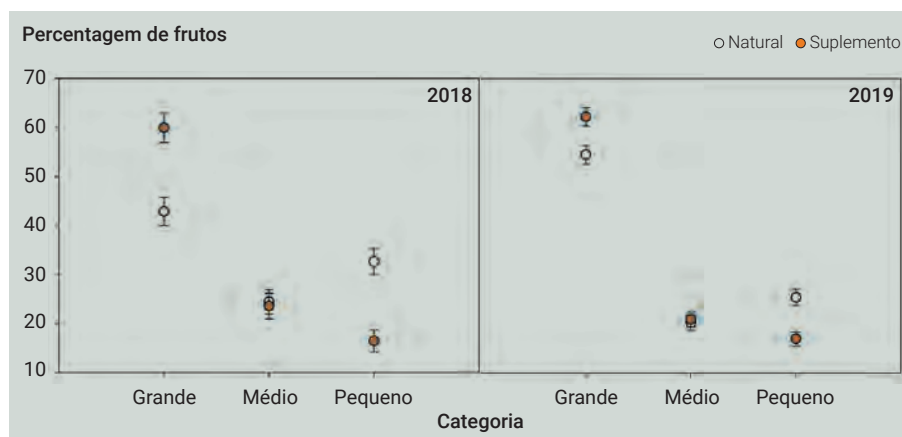
$$\text{Ganho monetário (€)} = \sum P * Ci * Ei$$

Onde:  $P$  é a produção (t/ha) de um dado pomar em condições de polinização natural ou ótima;  $Ci$  é a proporção de frutos em cada combinação de classe e calibre; e  $Ei$  é o valor, em €, pago por kg de fruto para cada combinação de classe e calibre.

O efeito do tratamento de polinização na distribuição de frutos por diferentes calibres em cada pomar foi analisado usando modelos lineares generalizados (GLM), usando distribuição binomial com a função “*logit link*”. Para os GLM, os diferentes calibres foram agrupados em três categorias, adaptadas de NZKGI (2016):

- 1) Frutos grandes, que englobam os calibres 18 a 30;
- 2) Frutos médios, que englobam os calibres 33 a 36;
- 3) Frutos pequenos, que englobam os calibres 39 a 46, os frutos na classe II e o refugo.

O efeito do ano e o efeito do tratamento de polinização dentro de cada ano, englobando todos os pomares, na distribuição de frutos por diferentes calibres, produção do pomar e ganho monetário, foi testado usando modelos lineares generalizados mistos (GLMM), com ano e tratamento de polinização dentro de cada ano como fatores fixos e pomar e variedade como fatores variáveis. Todas as análises foram realizadas usando o programa R versão 3.3.2 (Core Development Team, 2016) com os pacotes “*car*” (Fox & Weisberg, 2019), “*lme4*” (Bates & Mächler, 2015) e “*multcomp*” (Hothorn *et al.*, 2008).



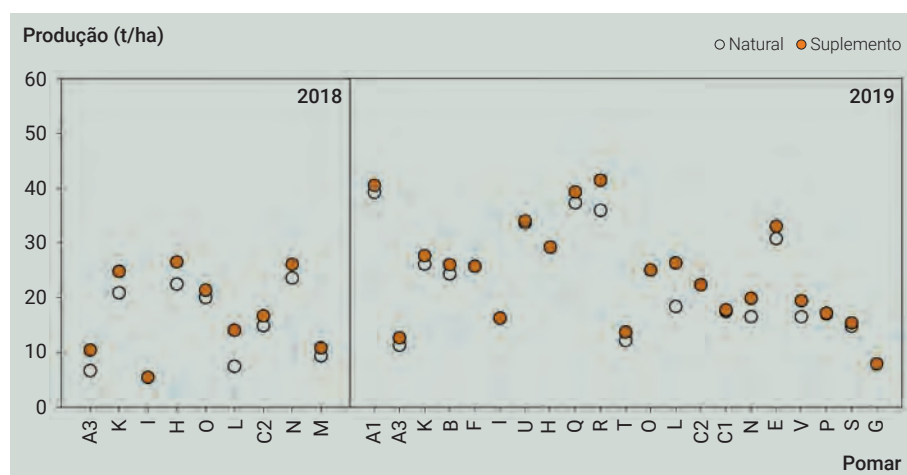
**FIGURA 1.** Distribuição dos frutos resultantes dos tratamentos de polinização aberta e suplementar pelas categorias de tamanho definidas (em percentagem) em 2018 e 2019.



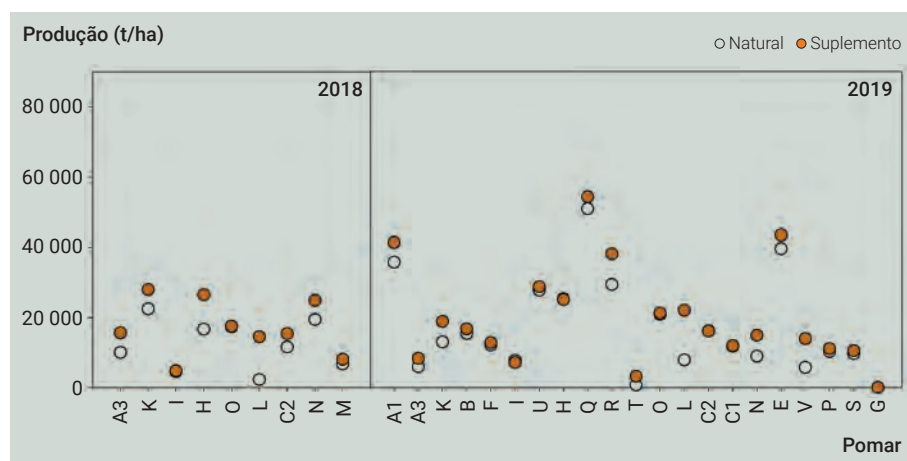


**TABELA 1.** Análise por modelos mistos generalizados do efeito do ano de amostragem ou do efeito do tratamento de polinização (natural vs. suplementar), dentro de cada ano, nas percentagens de frutos grandes, médios e pequenos, e na produção e no ganho monetário por hectare. As diferenças significativas encontram-se assinaladas a negrito.

Fatores	2018		2019		Ano		Ano: Tratamento de polinização	
Variáveis	Natural	Suplemento	Natural	Suplemento	X <sup>2</sup> ou F	Valores de P	X <sup>2</sup> ou F	Valores de P
Frutos grandes (%)	42,86 ± 2,89	59,93 ± 3,00	54,45 ± 1,92	62,19 ± 1,85	<b>X<sup>2</sup><sub>1</sub> = 13,16</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>X<sup>2</sup><sub>2</sub> = 29,34</b>	<b>&lt;0,001</b>
Frutos médios (%)	24,49 ± 2,51	23,60 ± 2,60	20,18 ± 1,55	20,88 ± 1,55	X <sup>2</sup> <sub>1</sub> = 4,08	0,043	X <sup>2</sup> <sub>2</sub> = 0,26	0,879
Frutos pequenos (%)	32,65 ± 2,74	16,48 ± 2,27	25,37 ± 1,68	16,93 ± 1,43	<b>X<sup>2</sup><sub>1</sub> = 6,12</b>	<b>0,013</b>	<b>X<sup>2</sup><sub>2</sub> = 38,79</b>	<b>&lt;0,001</b>
Produção (t/ha)	14,56 ± 2,46	17,38 ± 2,57	17,18 ± 2,27	18,97 ± 2,38	F <sub>1,36</sub> = 0,57	0,456	<b>F<sub>1,35</sub> = 4,03</b>	<b>0,027</b>
Ganho monetário (€/ha)	12 385,04 ± 2 340,69	17 299,47 ± 2 664,70	16 935,53 ± 2 912,32	20 024,43 ± 3 075,26	F <sub>1,36</sub> = 0,15	0,698	<b>F<sub>1,35</sub> = 7,08</b>	<b>0,003</b>



**FIGURA 2.** Produção, em toneladas por hectare (t/ha), correspondente aos tratamentos de polinização aberta e suplementar nos pomares monitorizados em 2018 e 2019.

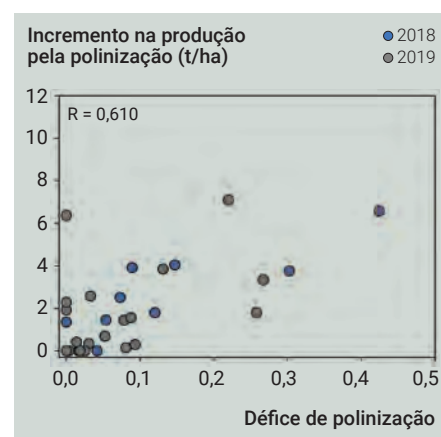


**FIGURA 4.** Ganho monetário, em euros por hectare (euros/ha), correspondente aos tratamentos de polinização aberta e suplementar nos pomares monitorizados em 2018 e 2019.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A polinização ineficiente do kiwi, seja por limitação de pólen no pomar e/ou pela desadequada comunidade de polinizadores e limitações à sua atividade, leva à formação de frutos com peso, forma e uniformidade insatisfatórias, com consequentes impactos na produção e rendimento obtido (Oliveira *et al.*, 2009; Tacconi *et al.*, 2016). Considerando to-

dos os pomares e os dois anos de amostragem, a análise dos dados mostrou uma tendência para uma menor proporção de frutos pequenos e uma maior proporção de frutos grandes em 2019 quando comparado com 2018, o que está em sintonia com os resultados apresentados anteriormente (Castro *et al.*, 2022) e que evidenciam um défice de polinização menor em 2019. A polinização suplementar



**FIGURA 3.** Relação entre o incremento na produção, dado pela diferença entre a produção em condições de polinização ótimas e a produção em condições de polinização natural, e os défices de polinização encontrados nos pomares monitorizados em 2018 e 2019 (Castro *et al.* 2022). O valor R indicado corresponde ao valor obtido da correlação de Pearson, sendo estatisticamente significativo ( $P < 0,001$ ).

resultou, em ambos os anos, na formação de uma proporção significativamente menor de frutos pequenos e numa proporção significativamente superior de frutos grandes quando comparada com a polinização aberta (Figura 1).

**«É também importante referir que a abelha do mel (*Apis mellifera* L.), ainda que sendo o polinizador mais ubíquo, não é o polinizador mais eficiente no kiwi (...)**»

Globalmente, os valores de produção não foram significativamente diferentes entre anos, embora se verifique uma tendência para um aumento em 2019, comparativamente a 2018 (Tabela 1). Também, observou-se um efeito significativo do tratamento de polinização,



tendo a polinização suplementar atingido valores mais altos de produção do que a polinização aberta (Tabela 1). Assim, os dados mostram que a produção pode ser incrementada por uma polinização adequada (Figura 2), sendo este incremento mais notório em pomares com défices de polinização (Figura 3).

Os nossos cálculos mostraram ainda que as diferenças nas percentagens de frutos grandes e de frutos pequenos em resultado da polinização suplementar se podem traduzir em ganhos monetários (em média entre c. de 3 000 € e 4 900 € por ha; Tabela 1, Figura 4). À semelhança da produção, o ganho monetário não foi influenciado pelo ano, mas observou-se uma tendência de incremento em 2019, comparativamente a 2018 (Tabela 1). Também, as estimativas apontam para ganhos mais elevados com a polinização suplementar em comparação com a polinização aberta (Tabela 1).

### «A polinização natural pode ser melhorada ativamente pelo uso de práticas que beneficiam a comunidade de insetos polinizadores, tais como promover locais de potencial nidificação para abelhas selvagens (...)

Apesar da variação observada entre pomares, este estudo mostrou que a polinização suplementar tende a aumentar a produtividade e o ganho monetário, quer seja por aumentar a produção do pomar, quer seja por aumentar o calibre dos frutos. Este padrão foi mais evidente nos pomares com limitação de pólen (Figura 3), o que realça a importância de uma polinização adequada na produção de kiwi. A importância da polinização para o tamanho e peso dos frutos, os quais determinam o seu valor económico, está bem documentada no kiwi e foi demonstrada em vários estudos (Antunes *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 1993; Goodwin *et al.*, 2013; Miñarro & Twizell, 2015), embora nenhum deles tenha sido feito em tão larga escala como o presente estudo.

O nosso estudo mostra que a produção de kiwi pode ser melhorada através de uma polinização mais adequada. A polinização natural pode ser melhorada ativamente pelo uso de práticas que

beneficiam a comunidade de insetos polinizadores, tais como promover locais de potencial nidificação para abelhas selvagens (ex. *Bombus* spp. nidifica em cavidades preexistentes no solo), gerindo, por exemplo, margens naturais biodiversas ou através da implementação de infraestruturas verdes (ex. faixas com misturas florais), que constituem locais de alimentação complementar, dentro e fora do período de floração da cultura (Castle *et al.*, 2019; Eeraerts *et al.*, 2019; Karamaouna *et al.*, 2019). Adicionalmente, os produtores podem complementar a polinização natural com a introdução de colónias de abelhas do mel ou até mesmo recorrer à polinização artificial como forma de complementar a polinização natural (Tacconi *et al.*, 2016; Tacconi & Michelotti, 2018). Esta última pode ser uma solução pontual para ultrapassar problemas de limitação de pólen no pomar e/ou de limitação à atividade dos insetos em anos com condições climáticas adversas na floração. No entanto, é necessário ter em conta que a aplicação artificial de pólen tem associado o elevado custo do pólen e pode acarretar risco de contaminação com a *Pseudomonas Syringae* *pv.* *Actinidiae* (PSA) (Donati *et al.*, 2018; Tacconi & Michelotti, 2018). É também importante referir que a abelha do mel (*Apis mellifera* L.), ainda que sendo o polinizador mais ubíquo, não é o polinizador mais eficiente no kiwi, requerendo, para o mesmo número de indivíduos, um número maior de visitas para produzir frutos com o valor de mercado dos produzidos pelos abelhões (*Bombus* spp., Pomeroy & Fisher, 2002; Vicens & Bosch, 2000) que ocorrem naturalmente na nossa paisagem.


### «Adicionalmente, os produtores podem complementar a polinização natural com a introdução de colónias de abelhas do mel ou até mesmo recorrer à polinização artificial como forma de complementar a polinização natural»

Apesar da importância da polinização para a produção de kiwi, esta constitui um dos fatores de gestão do pomar menos considerado (Goodwin, 2012). Como foi evidenciado neste estudo,



compreender melhor as necessidades de polinização nos pomares é fundamental para melhorar a produção e para um uso mais eficiente dos recursos, o que pode em última análise, resultar num maior ganho financeiro.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do "Grupo Operacional: i9Kiwi – Desenvolvimento de estratégias que visem a sustentabilidade da fileira do kiwi através da criação de um produto de valor acrescentado" – PDR2020. O "Projeto RENATURE – Programa Operacional Regional do Centro 2014-2020 (Centro2020) – CENTRO-01-0145-FEDER-000007" financiou o trabalho de HC, SC e MC; SC foi também financiada pelo "Projeto CULTIVAR (CENTRO-01-0145-FEDER-000020), co-financiado pelo Programa Operacional Regional do Centro 2020, Portugal 2020 e pela União Europeia através do Fundo Europeu para o Desenvolvimento Regional. HC foi, também, financiada por fundos nacionais (OE), através da FCT, no âmbito do previsto no número 4-6 do artigo 23, do Decreto-Lei 57/2016, de 29 de agosto, alterado pela Lei 57/2017 de 19 de julho. O trabalho foi realizado no Centre for Functional Ecology – Science for People and the Planet (CFE), com a referência UIDB/04004/2020, financiado pela FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC). Os autores agradecem à APK, bem como aos produtores e técnicos envolvidos no estudo pela sua colaboração e disponibilização dos seus pomares. 

### BIBLIOGRAFIA

Aceda à bibliografia do artigo no portal *online* da Agrotec.

