



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**



**THIAGO MENEZES SANTOS**

Tecnologias para Conservação de Polinizadores

São Cristóvão

2026



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**



**THIAGO MENEZES SANTOS**

**Tecnologias para Conservação de Polinizadores**

**Orientadora: Dra. Crislaine Costa  
Calazans**

Monografia apresentada ao  
Departamento de Ecologia da  
Universidade Federal de  
Sergipe como parte dos  
requisitos para obtenção do  
título de Bacharel em Ecologia

São Cristóvão

2026



### ATA DA SESSÃO DE APRESENTAÇÃO DA MONOGRAFIA

A Banca Examinadora, composta por Cristiane Costa Colazans, Márcia Alexandra Rocca e Adauto de Souza Ribeiro, sob a presidência do primeiro, reuniu-se às 09 horas do dia 13/02/2026, na sala DiD 7 sala 302 da Universidade Federal de Sergipe, para avaliar a monografia intitulada "Tecnologias para Conservação Polinizadas", apresentada pelo(a) discente Thiago Menezes Santos do Curso de Ecologia - Bacharelado, matriculado(a) na UFS sob o nº 209200021636. Dando início às atividades, o(a) Presidente da Sessão passou a palavra ao (à) discente para proceder à apresentação da monografia. A seguir, o primeiro examinador fez comentários e arguiu o(a) discente, que dispôs de igual período para responder ao questionamento. O mesmo procedimento foi seguido com o segundo examinador. Dando continuidade aos trabalhos, o(a) Presidente da Banca Examinadora, agradeceu os comentários e sugestões dos demais membros. Com base nos preceitos estabelecidos pela Instrução Normativa 01/2020/DECO, que normatiza a elaboração e avaliação das monografias do Curso de Ecologia – Bacharelado, a Banca Examinadora decidiu pela Aprovar o(a) discente com a média 8,0 (oit). Nada mais havendo a tratar, a Banca Examinadora elaborou essa Ata que será assinada pelos seus membros e, em seguida, pelo(a) discente avaliado(a).

Cidade Universitária "Prof. José Aloísio de Campos, 13 de fevereiro de 2026

Cristiane Costa Colazans  
Prof(a). Orientador(a) – Presidente

Márcia Alexandra Rocca  
1º Examinador(a)

Adauto de Souza Ribeiro  
2º Examinador(a)

Thiago Menezes Santos  
Discente

## **AGRADECIMENTOS**

A caminho desta conquista, vivi muitas experiências e superando meus medos. O certo é que, ao olhar para trás, reconheço que só tenho a agradecer a todos os mestres que contribuíram para que eu pudesse chegar aonde cheguei. Suas atividades e ensinamentos me incentivam a continuar me aprimorando e a sempre questionar o mundo ao meu redor.

Agradeço primeiramente a Deus por me dar sabedoria e força, que Ele continue iluminando meu caminho nesta nova etapa da minha vida, a meu pai, que acreditou em mim sem demonstrar preocupação, mas estava sempre ao meu lado, a minha mãe, que sempre esteve me incentivando e acreditando que eu era capaz de alcançar meus objetivos e ao meu irmão, que mesmo de longe, estava torcendo por mim, agradeço também aos meus tios, aos meus primos que, juntos, estamos realizando o sonho de se formar na universidade.

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
RESUMO .....	ii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos .....	2
2.1. Objetivos gerais .....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
3. Métodos.....	2
4. Resultados e Discussão .....	3
5. Conclusões .....	28
6. Referências .....	28

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Os principais países que possuem documentação por jurisdição .....	4
<b>Figura 2:</b> Distribuição das patentes por Classificação Internacional de Patentes (IPC) obtida na plataforma Lens.org.....	4
<b>Figura 3:</b> Contagem de patentes ao longo de 2002 a 2025.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 4:</b> Número de publicações ao longo de 2002 a 2025 .....	22

## RESUMO

Os serviços de polinização são essenciais para o sucesso reprodutivo das plantas, desempenhando papel fundamental na manutenção das comunidades vegetais e dos ecossistemas. Nesse contexto, a polinização se configura como um mecanismo ecológico de elevada relevância, diante dos inúmeros serviços ambientais que proporciona. Considerando a necessidade de conservação das espécies polinizadoras, diversas tecnologias vêm sendo desenvolvidas com esse propósito. Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma prospecção tecnológica de soluções inovadoras voltadas à conservação de polinizadores. A prospecção foi conduzida na plataforma Lens.org. Os resultados indicam um aumento no número de patentes relacionadas à conservação de polinizadores no período de 2012 a 2025, com predominância de tecnologias baseadas em métodos de hibridização e polinização artificial. No total, foram 143 patentes avaliadas. A China lidera o número de depósitos de patentes, com 119 registros, seguida pelos Estados Unidos, com 10 patentes. Também foram identificados registros vinculados à OMS–OMPI (9), Coreia do Sul (2), Canadá (1), Escritório Europeu de Patentes (1) e Holanda (1). No conjunto das tecnologias analisadas, foram identificadas aplicações envolvendo 21 espécies de plantas e 12 espécies de polinizadores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Polinização; Inovação tecnológica; Propriedade intelectual.

## ABSTRACT

Pollination services are essential for the reproductive success of plants, playing a fundamental role in maintaining plant communities and ecosystems. In this context, pollination stands out as a highly relevant ecological mechanism, given the numerous environmental services it provides. Considering the need to conserve pollinator species, various technologies have been developed for this purpose. Thus, the present study aimed to conduct a technological prospecting of innovative solutions focused on pollinator conservation. The prospecting was carried out on the Lens.org platform. The results indicate an increase in the number of patents related to pollinator conservation between 2012 and 2025, with a predominance of technologies based on hybridization methods and artificial pollination. In total, 143 patents were evaluated. China leads in the number of patent filings, with 119 records, followed by the United States with 10 patents. Records linked to WHO–WIPO (9), South Korea (2), Canada (1), the European Patent Office (1), and the Netherlands (1) were also identified. Among the technologies analyzed, applications involving 21 plant species and 12 pollinator species were identified.

**KEYWORDS:** Pollination; Technological innovation; Intellectual property.

## 1. Introdução

A polinização consiste na transferência de grãos de pólen das anteras para o estigma de uma flor, etapa fundamental do processo reprodutivo das plantas com flores (Embrapa, 2026). Quando essa transferência ocorre entre flores da mesma planta, o processo é denominado autopolinização, quando o pólen é transferido entre flores de indivíduos distintos da mesma espécie, caracteriza-se a polinização cruzada (Embrapa, 2026).

A polinização cruzada ocorre, na maioria dos casos, através da ação de polinizadores, dos quais destacam-se: as abelhas (melitofilia), borboletas (psicofilia), mariposas (esfingofilia), besouros (cantorofilia), moscas (miofilia), formigas (mirmecofilia), morcegos (quiropterofilia) e aves (ornitofilia), mas a polinização também pode ocorrer através de meios abióticos, como a água (hidrofilia) ou o vento (anemofilia); (Embrapa, 2026).

Os serviços de polinização são essenciais para o sucesso reprodutivo das plantas e, conseqüentemente, desempenham um papel fundamental na manutenção das comunidades vegetais (Katumo *et al.*, 2022). Estima-se que, na ausência de polinizadores, cerca de metade das plantas com flores sofreria uma redução superior a 80% na fertilidade, enquanto aproximadamente um terço dessas espécies deixaria de produzir sementes (Rodger *et al.*, 2021).

Na polinização, quando uma abelha visita uma flor, seu corpo pode ficar coberto de grãos de pólen e ela, voando para outra flor, deposita os grãos de pólen sobre o estigma dessa outra flor e então ocorre a polinização (Barbosa *et al.*, 2017). Aproximadamente 75% das culturas agrícolas globais dependem desse serviço, cuja valoração econômica atinge cifras bilionárias (Leal, 2025).

As abelhas são um dos principais polinizadores das lavouras e constituem um grupo altamente diverso. Com aproximadamente 20 mil espécies descritas no mundo, das quais cerca de 3 mil ocorrem no Brasil, abrangendo desde formas solitárias até espécies sociais altamente organizadas (Imperatriz; Nunes, 2010). Entre as espécies mais difundidas destaca-se *Apis mellifera*, introduzida nas Américas pelos colonizadores, que se tornou essencial para a polinização de culturas agrícolas, especialmente frutíferas e hortícolas, pelo seu comportamento generalista e capacidade de adaptação a variados ambientes (Souza; Evangelista, 2007). Às abelhas nativas, as africanizadas impactam ao competir e “roubar” pólen/néctar, mas nem sempre polinizam. Causam malefícios também a outros animais como, por exemplo, ao fazer colmeias em ninhos de aves. E nos humanos, se a pessoa for alérgica, as picadas em grande número podem levar à morte por choque anafilático (IMA, 2019). Outro grupo relevante é representado pelas abelhas do gênero *Bombus* utilizadas especialmente no cultivo de solanáceas, como tomate, devido à sua capacidade de realizar polinização por vibração,

processo indispensável para a frutificação de algumas espécies vegetais (Souza *et al.*, 2007). O papel das abelhas na agricultura transcende a simples polinização, pois elas influenciam diretamente a economia e a estabilidade dos sistemas alimentares (Leal, 2025). Essa interação reflete não apenas no incremento da produtividade, mas também na diversidade alimentar, atendendo aos objetivos globais de desenvolvimento sustentável. A ausência desses polinizadores comprometeria a oferta de alimentos e aumentaria os custos de produção, tornando a agricultura mais vulnerável e menos resiliente (Luccàs *et al.*, 2021).

Assim, a polinização mostra-se como um importante mecanismo ecológico frente aos enormes serviços ambientais que prestam. Esses serviços ambientais, são chamados de serviços ecossistêmicos, sendo base para a sobrevivência dos organismos no planeta e fundamentais para o bem estar humano (Barbosa *et al.*, 2017). Com o pensamento de conservar as espécies polinizadoras, são utilizadas tecnologias para conservação de polinizadores, sendo ferramentas, técnicas ou plataformas emergentes que servem para compreender e proteger o mundo natural e seus recursos, como o monitoramento via satélite ou via drone e sensores implantados. Sua importância reside na capacidade de promover práticas sustentáveis em áreas agrícolas para uma produção mais rentável, ao mesmo tempo em que mantém a conservação dos ecossistemas e a biodiversidade.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivos gerais**

Analisar tecnologias que busquem soluções inovadoras para a conservação de polinizadores.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar prospecção tecnológica em bases internacionais sobre tecnologias voltadas aos polinizadores;
- Identificar tendências relacionadas a colmeias inteligentes, sensores, jardins de polinizadores e modelagem ecológica;
- Avaliar o panorama global de inovações para conservação e monitoramento de polinizadores.

## **3. Métodos**

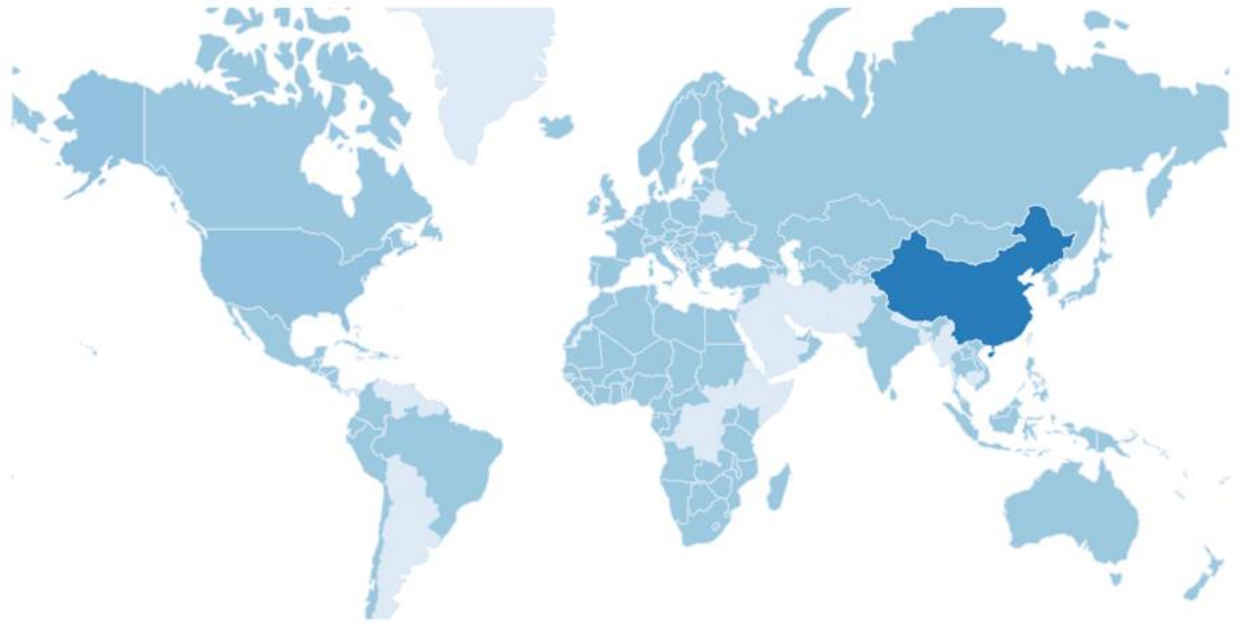
A prospecção foi conduzida na plataforma de base de dados The Lens (<https://www.lens.org/>) utilizando combinações de palavras-chave: ("pollinator\*" OR "native

pollinator\*" OR "wild pollinator\*" OR "bee conservation" OR "pollinator conservation" OR "pollination services" OR "pollination") AND ("technology" OR technolog\* OR "technological" OR "innovation" OR "digital" OR "smart") AND ("system" OR "device" OR "method" OR "apparatus" OR "process" OR "tool" OR "sensor" OR "sensor system" OR "IoT" OR "monitoring system" OR "monitoring device" OR "automated" OR "AI" OR "machine learning" OR "remote sensing" OR "environmental sensor\*" OR "biodiversity monitoring technolog\*") AND ("conservation" OR "protection" OR "monitoring" OR "management" OR "habitat restoration" OR "ecosystem restoration" OR "habitat enhancement" OR "environmental management" OR "pollinator habitat" OR "pollinator-friendly") NOT ("honey production" OR "honey extractor" OR "honey processing" OR "wax production" OR "beekeeping equipment" OR "comb foundation" OR "varroa treatment" OR "pest control" OR "agricultural pesticide").

Os critérios utilizados para a inclusão das tecnologias de conservação foram as tecnologias de aplicação direta aos polinizadores, de monitoramento automatizado, modelos de paisagem aplicados à conservação, soluções para manejo, colmeias e jardins de polinizadores e uso de sensores e Internet das Coisas (IoT) aplicados à apicultura ou ecologia. Os critérios de exclusão foram os processos agrícolas, patentes veterinárias ou farmacológicas que não possuem relação direta com a conservação de polinizadores, artigos exclusivamente teóricos sem relação tecnológica e tecnologias para outros insetos sem função polinizadora.

#### **4. Resultados**

Os dados estatísticos resultam no aumento das patentes relacionadas à conservação de polinizadores ao longo de 2002 a 2025, possuindo majoritariamente o método de hibridização e de polinização artificial. A China lidera a lista de patentes com 119, no total. Os Estados Unidos ficam na segunda posição com apenas 10 patentes, 9 da OMS – OMPI, 2 da Coreia do Sul e 1 para o Canadá, Patentes Europeias e Holanda.



**Figura 1:** Os principais países que possuem documentação com os registros de patentes relacionados a tecnologias de polinização e conservação de polinizadores, organizados por jurisdição.

A análise das patentes recuperadas na plataforma Lens.org evidenciou a predominância de tecnologias relacionadas à agricultura, melhoramento vegetal e manejo de culturas, conforme indicado pelas subclasses da Classificação Internacional de Patentes (IPC) (Figura 2).



**Figura 2:** Distribuição das patentes por Classificação Internacional de Patentes (IPC) obtida na plataforma Lens.org.

A subclasse com maior número de registros foi A01H, relacionada ao melhoramento genético de plantas e processos de hibridação, destacando-se a categoria referente a processos

de hibridação e polinização artificial, com 58 patentes, indicando forte foco em tecnologias voltadas ao desenvolvimento de novas variedades vegetais.

Entre as demais subclasses relevantes, destacam-se A01G7/06, relacionada ao tratamento de plantas para prevenir ou combater pragas e doenças, com 24 registros, e A01G1/00, referente ao cultivo de hortaliças, flores, arroz e culturas similares, com 23 patentes. Também apresentaram destaque as subclasses A01G17/00 (cultivo de lúpulo ou videiras), com 21 registros, e A01C21/00, relacionada a métodos de fertilização, com 19 patentes.

Outras subclasses identificadas incluem A01G17/02 (13 patentes), A01G22/05 (12 patentes), além de categorias associadas a aparelhos de plantio (A01C1/00), proteção de plantas em estufas (A01G13/00) e cultivo sem solo ou hidropônico (A01G31/00), cada uma com cerca de 8 registros. Subclasses relacionadas ao melhoramento vegetal e cultura de tecidos (A01H4/00) e processos de seleção (A01H1/04) também foram identificadas, embora com menor número de patentes.

A hibridação é um mecanismo responsável pelo fluxo gênico, o qual combina diferentes progenitores com características de interesse, a fim de aumentar a heterose, ou seja, seu vigor advindo de diferentes cruzamentos (Assis *et al.*, 1996), permitindo o aparecimento de novas combinações genéticas oriundas do cruzamento de dois parentais geneticamente diferentes. Esses parentais podem ser progênies, populações, clones e/ou espécies (Santos *et al.*, 1988).

O processo para iniciar a hibridação de indivíduos com características desejáveis, começa com a seleção de espécie, procedência e população, formação de áreas de produção de sementes; implantação de testes de progênie, formação de pomares de sementes (pomar de sementes por mudas e pomar clonal de sementes), realização da hibridação, seleção de indivíduos e formação dos pomares de polinização controlada, finalizando assim com a propagação vegetativa em larga escala. Existem dois tipos de cruzamento na hibridação, o inter e intraespecífico, sendo o interespecífico mais comum no setor florestal.

A hibridação interespecífica é uma alternativa muito importante para o melhorista encontrar genótipos novos que exibam vantagens adaptativas em determinadas situações em relação a distintas populações parentais (Judd *et al.*, 2009; Stummel; Bosland, 2006). Os cruzamentos intraespecíficos consistem em cruzamento entre indivíduos da mesma população. Indivíduos híbridos geralmente são mais plásticos do que as populações originais, devido à associação de genomas sua capacidade de sobrevivência e de crescimento serem seguramente é maior (Santos *et al.*, 1988). Entretanto, para maximizar os benefícios da hibridação na formação de florestas produtivas, técnicas de clonagem se fazem necessárias, multiplicando em

larga escala os híbridos de interesse (Assis; Mafia, 2015). Através da clonagem é possível a multiplicação em grande escala desses indivíduos supostamente superiores (híbridos), formando florestas uniformes e com grande homogeneidade das características tecnológicas desejáveis (Santos *et al.*, 2006). Uma das etapas cruciais para a produção de sementes híbridas que serão utilizadas nos testes de melhoramento genético é a polinização (Carvalho *et al.*, 2024). A forma pela qual as árvores selecionadas em um programa de melhoramento serão inter cruzadas varia desde métodos simples, como a polinização livre até diferentes delineamentos de cruzamento (Carvalho *et al.*, 2024). Estes delineamentos variam entre si pelo grau de complexidade, quantidade e qualidade das informações produzidas e pelo custo (Carvalho *et al.*, 2024).

A polinização livre consegue vários cruzamentos híbridos, por meio de plantios intercalados e espécies compatíveis (Carvalho *et al.*, 2024). Contudo, esta técnica não permite o cruzamento entre espécies que florescem em períodos diferentes, além de produzir sementes puras das espécies parentais misturadas com as sementes híbridas, o que exige seleção no viveiro para agrupar os indivíduos híbridos. (Carvalho *et al.*, 2024). Diante desses pontos negativos, a obtenção de sementes híbridas de espécies compatíveis passou a ser através da polinização controlada (Carvalho *et al.*, 2024).

Na patente a seguir, são apresentados diferentes métodos de hibridização: um método da criação de sementes híbridas de língua-do-diabo, ou konjak (*Amorphophallus konjac* (*Araceae*)). O método baseia-se em quatro tecnologias principais: (1) investigação sistemática dos insetos visitantes de flores; (2) seleção dos insetos polinizadores dentre os visitantes de flores; (3) seleção dos insetos polinizadores que podem ser aplicados na produção de sementes por polinização em campo, verificação da capacidade e dos efeitos da polinização desses insetos; e (4) utilização de um ou mais tipos de insetos polinizadores em polinização colaborativa ou aumento da frequência de visitação das flores por meio de efeito hipercromático ou pela adição artificial de um material necrófago de baixo teor de enxofre, de modo a melhorar a taxa de frutificação em grupo e a taxa de frutificação individual (Erxi *et al.*, 2016).

Um método de cruzamento pertencente ao campo técnico das árvores choupos-negros (*Populus nigra* (*Salicaceae*)). Visando solucionar o problema comum da baixa eficiência de polinização causada pela amarração frouxa e pela suscetibilidade a ventos fortes na hibridização em campo de choupos-negros, o método aborda aspectos como a determinação da combinação híbrida, preparação do pólen, seleção dos ramos para polinização, controle da polinização, substituição do saco de malha, colheita de sementes e similares, resolvendo os problemas de

dobramento pelo vento, ventilação e transmissão de luz que ocorrem facilmente durante a amarração, polinização e manejo posterior.

De acordo com a tecnologia, a eficiência da polinização é significativamente melhorada, as cápsulas obtidas apresentam desenvolvimento pleno, grande quantidade de sementes e bom desenvolvimento, com taxa de germinação de até 95% ou mais e as mudas híbridas obtidas são robustas e de crescimento vigoroso (Shuangyun *et al.*, 2024). O uso de tecnologia de hibridização de sementes de pepinos (*Cucumber* sp. (*Cucurbitaceae*)) utilizando as abelhas-mamangavas (*Bombus terrestris*). A tecnologia compreende as seguintes etapas: os pepinos (*Cucumis* sp.) são plantados em uma estufa com espaçamento entre linhas de 25 cm e 40 cm, com cobertura morta de filme preto, e o manejo convencional de água e fertilizantes é adotado durante o processo de crescimento; 480 abelhas-mamangavas são colocadas na estufa durante o período de floração dos pepinos, para a polinização. As entradas das colmeias estão voltadas para o sul, e as colmeias são posicionadas na parte frontal, central e posterior da estufa, acima do topo dos pepinos. Os zangões são usados para a reprodução de sementes híbridas de pepino, o que pode melhorar o rendimento e a qualidade, aumentar a taxa de frutificação, produzir sementes mais robustas, reduzir os custos de mão de obra, solucionar o problema da dificuldade de utilização da mão de obra e controlar a polinização em horários específicos (Chuang, 2021). Uma variedade híbrida de alto rendimento, composta por cinco variedades em uma, e a uma tecnologia de plantio. A característica de hibridização do milho (*Zea* sp.) por meio de cruzamentos de polinização é utilizada para melhorar a qualidade e o rendimento da cultura. A hibridização secundária é selecionada durante o período de crescimento, ou seja, com base em sementes híbridas, a seleção, combinação e proporção das variedades são realizadas de acordo com diversas finalidades, como matéria-prima industrial, ração animal, grãos de milho refinados, culinária, farinha, vinho, entre outras. Para alto rendimento e boa qualidade, são selecionadas variedades de milho com espigas grandes, maior número de fileiras, maior número de grãos, boa densidade, alto peso volumétrico, resistência a doenças, resistência à seca e resistência ao acamamento. e, no que diz respeito às características de crescimento, são selecionadas e combinadas variedades de milho com os mesmos dias de crescimento, temperatura acumulada necessária, período de emergência da plântula, período de polinização da espiga, período de polinização da emergência da espiga e do estigma, e altura de crescimento da planta e, então, o manejo do plantio é realizado de acordo com uma tecnologia de plantio de correspondência precisa de 189 (layout de plantio de precisão da China) para alcançar alta qualidade e alto rendimento (Zhongfang, 2021).

Um método de cruzamento entre o gênero *Prunus* (Rosaceae), pertencente ao campo técnico da hibridização vegetal. O método compreende as seguintes etapas: (1) preparação do meio de polinização líquida, (2) tratamento do pólen e polinização artificial, (3) cultivo em sacos, (4) cultivo de microsommas e (5) manejo da enxertia. De acordo com o método, por meio da aplicação e manejo adequados do meio de polinização líquida, em comparação com a hibridização natural tradicional, a taxa de sucesso da polinização é significativamente aumentada, obtendo-se uma planta-mãe híbrida correspondente.

Além disso, em comparação com a tecnologia de fusão de células somáticas, o método apresenta menor complexidade técnica e operacional, tornando-se mais viável para posterior disseminação e aplicação (Weiming *et al.*, 2020). Um método de polinização que visa aumentar a taxa de sucesso da hibridização de perila (*Perilla frutescens*). O método caracteriza-se por compreender as seguintes etapas: S1, preparação pré-hibridização: primeiramente, seleção dos genitores de acordo com o objetivo do melhoramento genético, determinando o número de combinações híbridas, o modo de combinação, a seleção dos genitores masculino e feminino e o número de flores híbridas de cada combinação; S2, plantio dos genitores; S3, ajuste da fase de floração; S4, seleção das flores para hibridização; S5, emasculação; S6, polinização: inserção da antera, prestes a se abrir, do genitor masculino no estigma castrado, ou colocação direta da inflorescência do genitor masculino sobre a inflorescência castrada para polinização, seguida de ensacamento e marcação; e S7, manejo pós-polinização (Shujun *et al.*, 2020).

Uma tecnologia abrangente visando melhorar a eficiência da hibridização da leguminosa *Arachis hypogaea* Linn. A tecnologia abrangente compreende as seguintes etapas: (1) construção de um tanque de hibridização: adotando uma estrutura de tijolo-concreto para o tanque de hibridização, utilizando solo franco-arenoso neutro como camada de base inferior do tanque de hibridização e a parte superior como camada de plantio; (2) plantio de genitores híbridos: após as sementes de *A. hypogaea* serem submetidas a um processo de revestimento, realiza-se o plantio de acordo com a densidade de plantio, sendo o espaçamento entre linhas de genitores de 38-42 cm, o espaçamento entre linhas de genitores femininos de 22-28 cm e o espaçamento entre linhas de genitores masculinos de 13-18 cm; (3) adoção de uma tecnologia de manejo pré-hibridização; (4) realização da emasculação manual em genitores femininos; (5) realização da polinização artificial; e (6) realizar o manejo abrangente após a polinização: após a conclusão de toda a polinização combinada, antes das 7h de cada dia, colher manualmente todas as flores não polinizadas por híbridos em uma planta-mãe feminina, continuando por 10 a 15 dias, e realizar o devido amontoamento manual. A taxa de frutificação da hibridização de *A. hypogaea* pode ser melhorada para cerca de 18%, partindo dos 10% originais, e a eficiência

do melhoramento é obviamente aprimorada (Weitang *et al.*, 2020). É uma tecnologia de *Bupleurum chinense* (*Apiaceae*), embora possa ser aplicada em outras espécies do gênero *Bupleurum*, que permite superar problemas com a produção de sementes em regiões com pluviosidade alta. A tecnologia compreende as seguintes etapas: 1. cultivo de mudas de *B. chinense*; 2. manejo das plantas; 3. emasculação; 4. polinização; 5. colheita de sementes. O ciclo de reprodução é bastante encurtado e o problema da dificuldade de produção de sementes de *B. chinense* em regiões de alta pluviosidade é resolvido; além disso, a tecnologia não causa quebra de ramos devido ao ensacamento excessivo e é amplamente adequada para hibridização intraespecífica e interespecífica de variedades de *B. chinense*, incluindo *Bupleurum chinense*, *Bupleurum scorzonerifolium*, *Bupleurum marginatum* e *Bupleurum falcatum* (Ma *et al.*, 2016).

Nas patentes de melhoramento genético: descreve-se dois métodos, uma para melhorar a genética do inhame de polpa branca (*Dioscorea* sp. (*Dioscoreaceae*)), e outra para o encurtamento da fase juvenil. O método de melhoramento genético de uma variedade de inhame de polpa branca (*Eriobotrya japonica* (*Rosaceae*)) e o método para encurtar a fase juvenil incluem especificamente as seguintes etapas: 81 seleção dos genitores, 82 preparação do pólen, S3 hibridização e combinação, S4 proteção contra o frio e retenção dos frutos, 85 semeadura e cultivo de mudas, S6 estabelecimento de viveiro, 87 transplante e plantio em campo, 88 fertilização das mudas, 89 modelagem das mudas e 810 tecnologia abrangente de encurtamento da fase juvenil (Xu *et al.*, 2024). A presente invenção pertence ao campo técnico do melhoramento genético da colza e descreve um método para acelerar a transformação de uma linhagem citoplasmática masculina estéril de *Brassica napus*. O método compreende as etapas de obtenção de mudas robustas por meio de cultivo de germinação de sementes imaturas, cultivo de enraizamento e cultivo sob alta intensidade luminosa; a obtenção das mudas robustas, o tratamento de indução de floração em baixa temperatura e o crescimento em condições controladas de ambiente controlado são combinados organicamente, alcançando-se a rápida transformação da linhagem citoplasmática masculina estéril de *B. napus*, e a retrocruzamento pode ser realizado por 3 a 4 gerações a cada ano (Jiaming *et al.*, 2021).

A patente CN 120036232 A, envolveu a seleção de uma planta macho estéril de resedá-gigante (*Lagerstroemia speciosa* (*Lythraceae*)) que tenha um crescimento robusto e que esteja livre patógenos e pragas, servindo de planta-mãe. E selecionar estigmas com forte receptividade através de um método com benzidina-peróxido de hidrogênio; pulverizar uma solução composta contendo quitosana, trealose e giberelina para aumentar a adesão e germinação do pólen; coletar o pólen da planta-mãe fértil e submetê-lo à ativação em baixa temperatura e tratamento com suspensão de sacarose-ácido bórico, melhorando a vitalidade do pólen em 80%

ou mais; após 3 dias de polinização contínua, realizar a proteção das sementes com ensacamento, quebrar a dormência das sementes sinergicamente através da solução de agente vitalizante e regular a luz e o nitrogênio na fase de plântula (Shigeru *et al.*, 2025).

A presente invenção pertence ao campo técnico do cultivo de plantas e, em particular, refere-se a um método de cultivo de uma variedade de melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* (*Cucurbitaceae*)) com forte fenilcetona. A invenção descreve um método de cultivo de uma variedade de melão-de-são-caetano com forte fenilcetona (Xiaofeng *et al.*, 2024). O método de cultivo envolve as seguintes 5 etapas a fim de otimizar a colheita: Plantio: técnica que busca mexer o mínimo possível no solo, preservando sua estrutura natural e diminuindo as perdas de nutrientes e umidade. O solo fica sempre coberto por palhada (restos da cultura anterior), a rotação de culturas é obrigatória, e o plantio é feito em pequenos sulcos abertos apenas para a semente (Oliveira, 2024). Retenção de frutos: na produção de pêssegos, o raleio é realizado de forma manual para retirada dos frutos em excesso, necessitando ser executado em um curto período de tempo e com mão de obra especializada, o que eleva os custos de produção. Nesse sentido, o raleio mecânico pode ser uma alternativa ao raleio manual de frutos (Barreto *et al.*, 2020). Poda: consiste na remoção de partes de uma planta para influenciar o seu crescimento e a frutificação. É uma prática importante no cultivo de frutas. Nos primeiros anos após o plantio de árvores frutíferas ou videiras, a atenção principal é voltada para a forma. A forma influencia a força e a longevidade da planta adulta, bem como a eficiência de outras práticas de frutificação; a poda para fins de formação é chamada de desbaste (Childers, 2019). Gestão de Água e Fertilizantes: Irrigação por gotejamento: Aplica a água em gotas, diretamente nas raízes. É um sistema de alta precisão e economia, ideal para hortaliças e frutífera; Aspersão: Simula a chuva, molhando uma área maior. É muito usada em pastagens e lavouras de grãos; Pivô central: Equipamento robusto, recomendado para grandes áreas de cultivo com culturas como soja, milho e algodão (Oliveira, 2024). Colheita automatizada: Ele incorpora tecnologias avançadas como sensores, inteligência artificial (IA) e robótica. Máquinas automatizadas e robôs agrícolas podem realizar a colheita com mínima ou nenhuma intervenção humana, operando com base em dados e algoritmos para otimizar todo o processo. Alguns desses sistemas já são capazes de identificar e selecionar produtos individualmente. Eles usam visão computacional — tecnologia que permite às máquinas “enxergar” e analisar imagens — para avaliar critérios como tamanho, cor e ponto de maturação (Bergamin, 2025).

No cultivo tridimensional em cascata, ou agricultura vertical, para cultivo de morangos (*Fragaria* sp.). O método compreende as seguintes etapas: (1) seleção de um substrato adequado; (2) manejo do plantio das mudas; (3) acabamento das plantas; (4) irrigação com água

e fertilizantes; (5) controle ambiental; (6) prevenção e controle de doenças e pragas; e (7) polinização por abelhas (Wu *et al.*, 2024).

O sistema inteligente de colmeia é uma tecnologia apícola baseada na Internet das Coisas (IoT). Os primeiros métodos de monitoramento populares incluem sensores fotoelétricos (Chen *et al.*, 2015), sensores capacitivos (Campbell *et al.*, 2005) e identificação por radiofrequência (Streit *et al.*, 2003), mas esses métodos só podem ser usados para contar o número de abelhas que passam pela porta da colmeia, o que não é suficiente para medir a situação geral da colônia de abelhas. Isso ocorre porque existem diferentes espécies de abelhas na colônia, como as abelhas guardiãs, que permanecem próximas ou pairam para proteger o ninho (Breed *et al.*, 1992), enquanto as abelhas forrageiras voam para longe da colmeia para coletar alimento à distância (Waddington, 1980). O desenvolvimento de sensores de imagem e da tecnologia de visão computacional nas últimas duas décadas proporcionou uma solução potencial para as tarefas acima mencionadas. Especificamente, essas tarefas podem ser vistas como problemas de detecção de objetos e rastreamento de múltiplos objetos em visão computacional. A tarefa de detecção de objetos exige que o algoritmo localize e identifique todos os objetos de interesse em uma determinada imagem (Zhao *et al.*, 2018) enquanto a tarefa de rastreamento de múltiplos objetos exige ainda que o algoritmo encontre o mesmo objeto em quaisquer dois quadros adjacentes da sequência de imagens, processando simultaneamente os objetos que entram e saem da cena (Luo *et al.*, 2015). Nos últimos anos, muitos métodos baseados em visão computacional têm sido aplicados à tarefa de monitoramento da atividade de abelhas fora da colmeia, como máquinas de vetores de suporte (Salas *et al.*, 2012), modelos de mistura gaussiana (Quíron *et al.*, 2013), reconhecimento de contornos de Canny (Canny, 1986) e outros métodos, todos utilizados para detectar abelhas em imagens e obter estatísticas sobre o número de abelhas na cena. Para o problema de rastreamento de múltiplas abelhas em uma sequência de imagens, vários métodos, como o rastreador *Bayesiano* (Oliveira *et al.*, 2022), o filtro de Kalman (Yang *et al.*, 2018) e o método de fluxo óptico, surgiram (Duhamel *et al.*, 2011) para contar o número de abelhas que entram e saem da porta da colmeia de acordo com a observação da área de divisão de entrada e saída projetada. No entanto, a divisão das áreas de entrada e saída pelos métodos acima é baseada na experiência subjetiva, o que causará um erro de contagem significativo, especialmente quando as abelhas estão no período de coleta de mel (Ngo *et al.*, 2021). Além disso, quando as estatísticas do número de abelhas que entram e saem são em unidades de dias, os dados obtidos pelo método atual estarão longe da situação real, resultando em uma conclusão errada. Ademais, os cenários de aplicação prática também impõem muitos desafios a esses algoritmos, incluindo (1) a aparência das abelhas é muito

semelhante e é difícil extrair características diferenciadoras; (2) as abelhas sofrerão deformação não rígida durante o movimento, alterando assim as características de aparência; (3) As abelhas na cena produzirão oclusão mútua severa em situações de alta densidade, resultando em detecção perdida; (4) os padrões de movimento das abelhas são complexos, variáveis e difíceis de prever. Diante dos desafios acima, uma série de métodos atualmente utilizados só pode ser aplicada para tarefas de monitoramento quando há poucas abelhas e um grau relativamente pequeno de movimento, devido às limitações de capacidade de representação insuficiente e baixa robustez. Eles não podem ser aplicados no monitoramento preciso e de longo prazo das atividades das abelhas em cenários complexos e variáveis (Yiyao *et al.*, 2024).

A agricultura intensiva utiliza alto investimento em tecnologia, insumos e mecanização para maximizar a produção por hectare, geralmente focando na exportação (Prevedel, 2024). Neste modelo, os meios de produção são utilizados de forma intensiva, e frequentemente há o foco em uma única cultura produzida em larga escala (monocultura) (Prevedel, 2024). A utilização intensiva da terra, se não for bem manejada com práticas como a rotação, pode gerar impactos no ambiente e no solo. A agricultura intensiva é o modelo mais comum na produção de commodities e uma das principais fontes de alimentos do mundo (Prevedel, 2024).

As técnicas de cultivo são o conjunto de todas as práticas que você aplica durante o ciclo produtivo de uma cultura. Elas começam na preparação do solo e vão até a colheita, passando pelo manejo da água, controle de pragas e doenças, adubação e rotação de culturas. O objetivo principal dessas técnicas agrícolas é simples: criar um ambiente ideal para que as plantas se desenvolvam com saúde e vigor. Ao mesmo tempo, elas buscam preservar a qualidade do solo e os recursos naturais para as próximas safras (Oliveira, 2024). A polinização cruzada é um processo fascinante que ocorre quando o pólen de uma planta é transferido para o estigma (parte feminina da flor) de outra planta da mesma espécie ou de espécies relacionadas. Este mecanismo se diferencia da autopolinização, onde o pólen de uma flor fertiliza os óvulos da mesma flor ou de flores diferentes na mesma planta. Para entender melhor, imagine um pomar de macieiras em plena floração. As abelhas, atraídas pelo néctar das flores, voam de uma árvore para outra, carregando consigo grãos de pólen. Ao pousar em uma flor de outra macieira, parte desse pólen se desprende, caindo no estigma e iniciando o processo de fertilização. Este intercâmbio genético entre plantas diferentes é a essência da polinização cruzada (Agro Estadão, 2025).

Invenção encontrada descreve um método abrangente de transformação para florestas de camélia-oleífera (*Camellia oleifera* (*Theaceae*)) de baixa produtividade, que compreende as seguintes etapas: dividir as florestas de camélia-oleífera de baixa produtividade em três tipos,

de acordo com as condições do local, idade da floresta, qualidade do povoamento e condições de produção, e adotar diferentes tecnologias de transformação para os três tipos de florestas de camélia-oleífera, incluindo transformação por manejo, transformação por enxertia e transformação por renovação; a transformação por manejo compreende as seguintes etapas de limpeza do povoamento florestal, ajuste de densidade, poda e desbaste, recuperação, fertilização do solo florestal, fertilização foliar e polinização por abelhas; a transformação por enxertia compreende as seguintes etapas de limpeza do povoamento florestal, seleção de porta-enxertos, seleção de variedades e enxertos, enxertia e manejo de fertilização; a renovação e transformação compreendem a atualização por reflorestamento ou a atualização por rejuvenescimento (Yunbo, 2023). Esta invenção proporciona um método rápido de seleção de plantas masculinas para polinização em pomares de *Actinidia arguta* e sua aplicação, relacionando-se ao campo técnico de configuração de árvores polinizadoras. De acordo com o método, a influência da seleção e configuração de polinizadores da *A. arguta* sobre os frutos é analisada por meio de métodos como investigação da fase de floração, preservação e determinação da atividade do pólen e coloração fluorescente de calose. O pomar é estabelecido cientificamente ao redor da *A. arguta*, promovendo-se a melhoria da produtividade e da qualidade (Zhenpan *et al.*, 2022). O método de plantio em larga escala para garantir o alto rendimento de *Siraitia grosvenorii*. O método compreende as seguintes etapas: seleção e preparação do solo, aclimatação das mudas, plantio, manejo de água e fertilizantes, polinização, manejo do campo e similares. De acordo com o método, ao combinar o tempo de crescimento na treliça, o tempo de floração e o tempo de maturação dos frutos em todas as etapas de tratamento, o tempo desde o plantio até o crescimento na treliça, floração e frutificação é gradualmente reduzido; ao mesmo tempo, a taxa de mortalidade das mudas começa a ser reduzida, a taxa de rachaduras dos frutos é reduzida e o rendimento médio da planta de *S. grosvenorii* é aumentado. Além disso, através da realização de pesquisas sobre tecnologia de cultivo de alto rendimento em mudas de *S. grosvenorii* obtidas por cultura de tecidos, são determinados o momento adequado de plantio, o modo de transplante, o momento da polinização e o período ativo efetivo do pólen, o que estabelece uma base para o cultivo de alto rendimento e o plantio em larga escala de *S. grosvenorii* (Yueping *et al.*, 2019).

Pertencente ao campo técnico do cultivo de árvores frutíferas, referindo-se metodologicamente ao plantio de maracujá (*Passiflora edulis* (*Passifloraceae*)). O método compreende as etapas de seleção e preparo do solo, esterilização do solo, imersão do sistema radicular das mudas, abertura de valas e fixação de covas, adubação e cultivo, manejo do plantio e da adubação, poda e irrigação adequadas, polinização artificial e prevenção e controle de

doenças e pragas. O método de plantio aqui apresentado apresenta as vantagens de ser simples, de baixo custo, utilizar um líquido esterilizante natural que elimina eficazmente pragas, bactérias e ovos no solo, não poluir o meio ambiente, praticamente evitar efeitos tóxicos e colaterais em pessoas e animais, e ser altamente seguro. O controle é facilmente realizado por meio de técnicas de plantio como seleção e tratamento do solo, poda, adubação e manejo da água, criando um ambiente adequado para o plantio do maracujá, fortalecendo simultaneamente o trabalho de prevenção e controle de doenças e pragas e garantindo o crescimento saudável da fruta. O método de plantio pode aumentar significativamente a produtividade do maracujá e melhorar consideravelmente a qualidade dos frutos (Zhonghua *et al.*, 2019).

Um método de emasculação por hibridização de arroz (*Oryza sativa* (*Poaceae*)), pertencente ao campo técnico do melhoramento de culturas e, em particular, refere-se a um novo método de corte, pulverização e castração da gluma em arroz híbrido. O método de castração por hibridização de arroz compreende as seguintes etapas: 1. semeadura adequada; 2. seleção de plantas de arroz; 3. poda e desbaste de espigas; 4. corte, pulverização e castração da gluma; 5. polinização adequada e eficiente. Este método resolve o problema de que, segundo os métodos tradicionais de hibridização de arroz, a intensidade do trabalho é elevada, a castração não é realizada de forma completa e os pistilos são danificados, resultando em falha na hibridização. A tecnologia apresenta as vantagens de economia de mão de obra e custos, operação fácil e conveniente, alta taxa de sucesso na hibridização, além de ser econômica e ambientalmente amigável. O método é bem recebido por pesquisadores e melhoristas e possui amplo potencial de aplicação (Liu, 2016).



**Tabela 1:** Distribuição das patentes referente à polinização e tecnologias associadas, de acordo com a finalidade, no período entre 2016 a 2025.

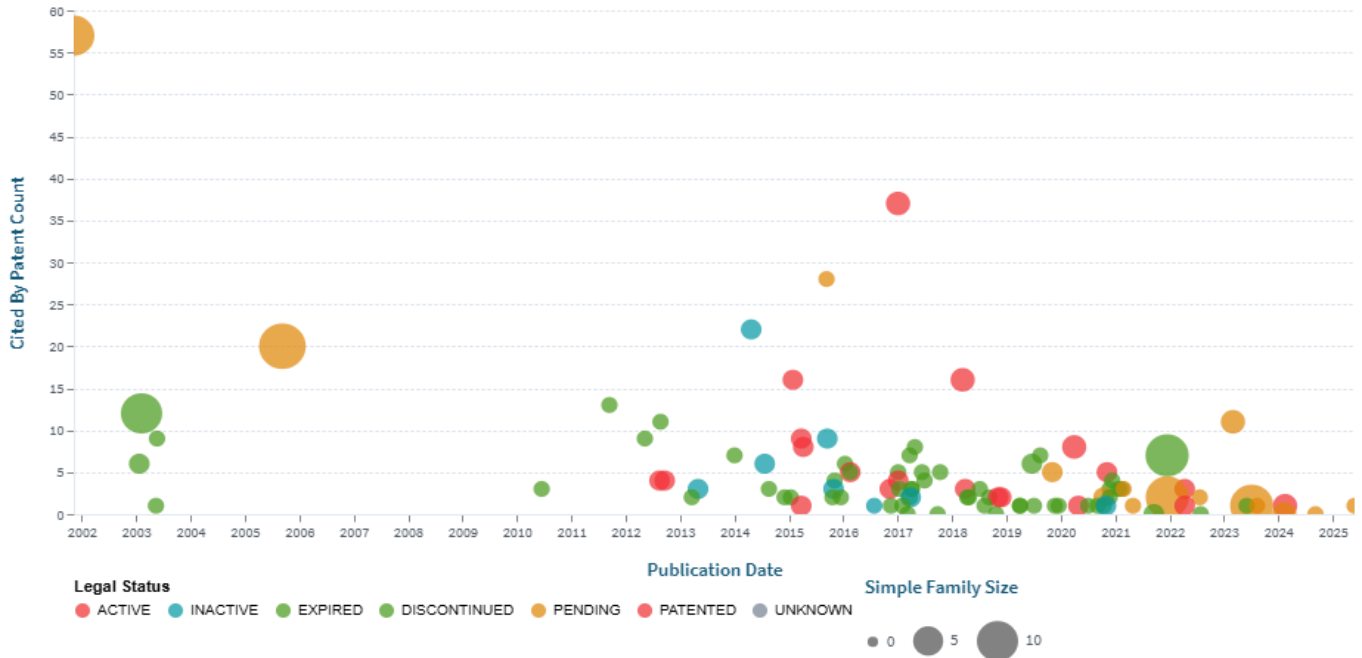
<b>Nº da Patente</b>	<b>Espécie Botânica</b>	<b>Tipo de Polinização</b>	<b>Espécie de Polinizador</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b> <sup>17</sup>
CN 120036232 A	<i>Lagerstroemia speciosa</i> ( <i>Lythraceae</i> )	Melitofilia	<i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera)	Benzidina-peróxido de hidrogênio, quitosano, trealose, giberelina e ácido sacarose-bórico	Shigeru <i>et al</i>	2025
CN 119138275 A	<i>Momordica charantia</i> ( <i>Cucurbitaceae</i> )	Cantarofilia	<i>Diabrotica speciosa</i> (Coleoptera)	Método de cultivo: plantio, retenção de frutos, poda, gestão de água e fertilizantes e colheita	Xiaofeng <i>et al</i>	2024
CN 105230474 A	<i>Amorphophallus konjac</i> ( <i>Araceae</i> )	Miofilia Cantorofilia	<i>Sarcophaga carnaria</i> (Diptera) Tesourinhas (Dermaptera) Besouros Estafilinídeos (Coleoptera)	Hibridização	Erxi <i>et al</i>	2016
CN 119073203 A	<i>Fragaria</i> sp. ( <i>Rosaceae</i> )	Melitofilia	<i>Bombus terrestris</i> (Hymenoptera)	Cultivo tridimensional em cascata	Wu <i>et al</i>	2024

CN 118592323 A	<i>Populus nigra</i> ( <i>Salicaceae</i> )	Anemofilia	-	Hibridização	Shuangyun <i>et al</i>	2024
WO 2024/128759 A1	-	Melitofilia	<i>Apis</i> sp. (Hymenoptera)	Sistema inteligente de colmeia	Yong <i>et al</i>	2024
NL 2033533 B1	<i>Eriobotrya japônica</i> ( <i>Rosaceae</i> )	Melitofilia	<i>Apis</i> sp. (Hymenoptera)	Melhoramento genético	Xu <i>et al</i>	2024
CN 116195465 A	<i>Camellia oleifera</i> ( <i>Theaceae</i> )	Melitofilia Ornitofilia	<i>Apis melífera</i> <i>Andrena e Colletes</i> sp. (Hymenoptera) <i>Zosterops japonicus</i> (Passeriformes)	Método de modificação de solo	Yunbo	2023
CN 114766353 A	<i>Actinidia arguta</i> ( <i>Actinidiaceae</i> )	Melitofilia Anemofilia	<i>Apis mellifera</i> <i>Bombus</i> sp. (Hymenoptera)	Método de triagem rápida	Zhenpan <i>et al</i>	2022
CN 113396817 A	<i>Cucumis</i> sp. ( <i>Cucurbitaceae</i> )	Melitofilia	<i>Bombus terrestris</i> (Hymenoptera)	Hibridização	Zea	2021

CN 112690205 A	<i>Zea</i> sp. ( <i>Poaceae</i> )	Anemofilia	-	Hibridização	Zhongfang	2021
CN 112189563 A	<i>Brassica napus</i> ( <i>Brassicaceae</i> )	Melitofilia	<i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera)	Melhoramento genético	Jiaming <i>et al</i>	2021
CN 112056206 A	<i>Prunus</i> sp. ( <i>Rosaceae</i> )	Melitofilia	<i>Apis mellifera</i> <i>Osmia</i> spp. (Hymenoptera)	Hibridização	Weiming <i>et al</i>	2020
CN 111972280 A	<i>Perilla frutescens</i> ( <i>Lamiaceae</i> )	Melitofilia	<i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera)	Hibridização	Shujun <i>et al</i>	2020
CN 111771715 A	<i>Arachis hypogaea</i> Linn ( <i>Fabaceae</i> )	Alogamia	-	Hibridização	Weitang <i>et al</i>	2020
CN 110574622 A	<i>Siraitia grosvenorii</i> ( <i>Cucurbitaceae</i> )	Entomofilia	Abelhas (Hymenoptera), moscas (Diptera), borboletas (Lepidoptera) e besouros (Coleoptera)	Plantio em larga escala	Yueping <i>et al</i>	2019

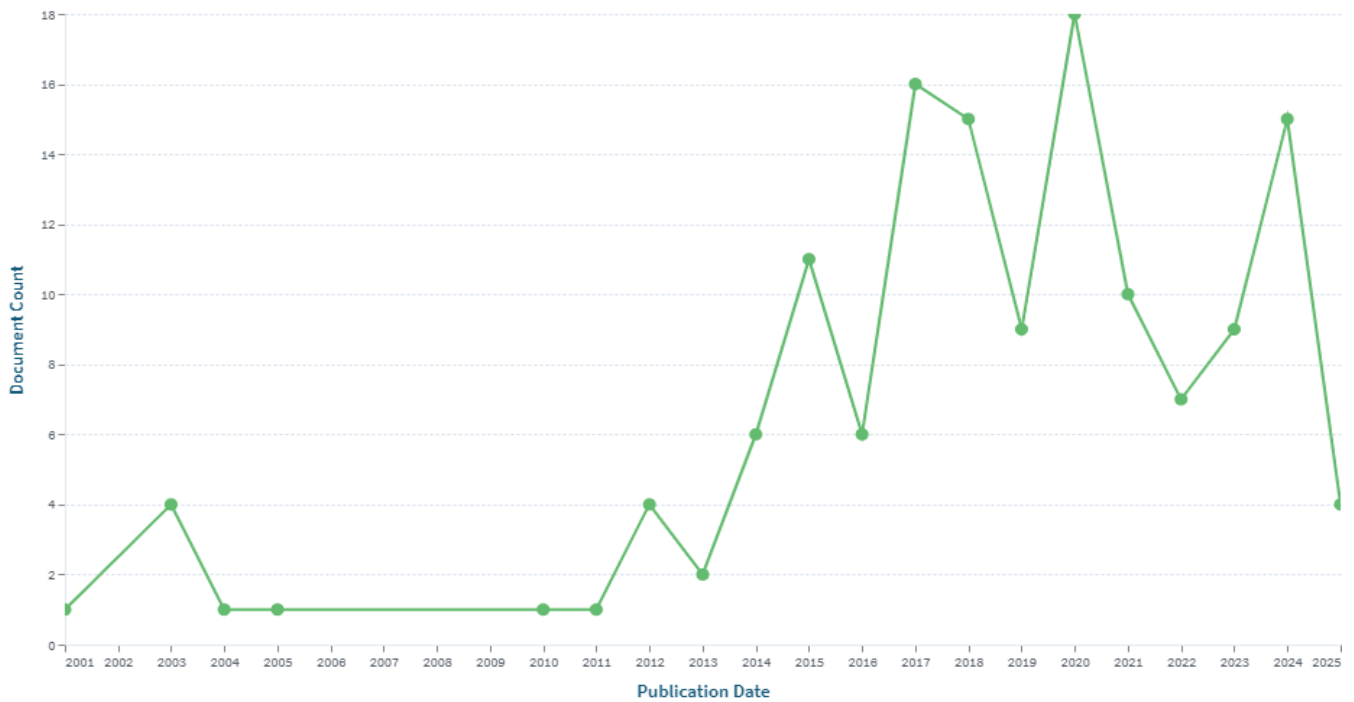
CN 110476694 A	<i>Passiflora edulis</i> ( <i>Passifloraceae</i> )	Melitofilia	<i>Xylocopa</i> spp. (Hymenoptera)	Campo técnico de cultivo	Zhonghua <i>et al</i>	2019
CN 106106123 A	<i>Oryza sativa</i> ( <i>Poaceae</i> )	Anemofilia	-	Polinização cruzada	Liu	2016
CN 106069105 A	<i>Bupleurum chinense</i> , <i>Bupleurum scorzonerifolium</i> , <i>Bupleurum marginatum</i> e <i>Bupleurum falcatum</i> ( <i>Apiaceae</i> )	Melitofilia psicofilia	Abelhas (Hymenoptera) e borboletas (Lepidoptera)	Hibridização intraespecífica ou interespecífica	Ma <i>et al</i>	2016

A partir de 2002 que se iniciou a criação de patentes de tecnologias voltadas para a conservação de polinizadores, mas foi entre 2012 a 2025 que houve um aumento de patentes.



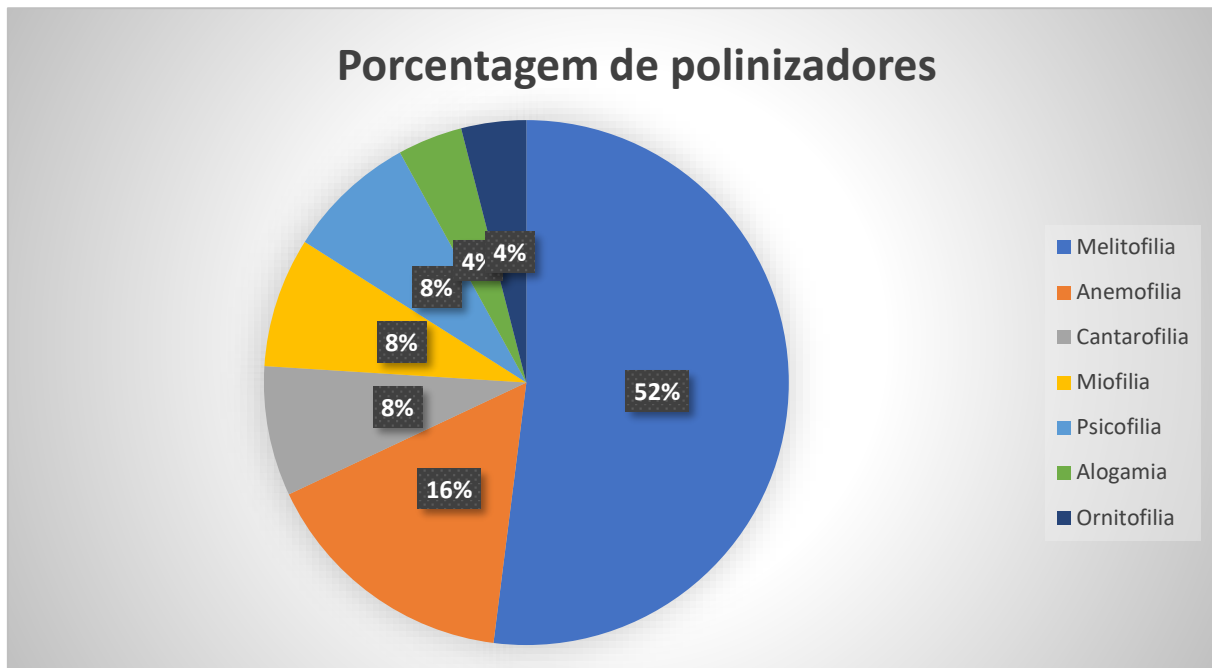
**Gráfico 1:** Variação anual do número de patentes relacionados a tecnologias de polinização, publicada no Analysis do The Lens, no período de 2002 a 2025.

Os dados estatísticos resultam nos registros das patentes relacionadas à conservação de polinizadores ao longo de 2003 a 2025, possuindo majoritariamente o método de hibridização e de polinização artificial com início dos depósitos em 2002 e aumento na quantidade de patentes em 2015 (11 patentes), 2017 (16), 2020 (18) e 2024 (15), tendo uma queda de pesquisas de 2020 em diante devido à pandemia de COVID-19, só retomando a partir de 2024.



**Gráfico 2:** Contabilização de patentes analisadas publicadas no Analysis do The Lens, no período de 2001 a 2025.

A maioria das patentes possui insetos como seus polinizadores (aproximadamente 92,3%), tendo apenas uma espécie de ave (7,7%), o olho-branco japonês (*Zosterops japonicus* (*Zosteropidae*)). Dos insetos polinizadores, são seis gêneros de abelhas (50%), sendo o gênero *Apis* o mais popular, três pertencentes à família Coleoptera (25%), um de Lepidoptera (aproximadamente 8,4%), de Diptera (8,3%) e de Dermaptera (8,3%).



**Gráfico 3:** distribuição percentual de grupo de polinizadores por síndrome, com adição da alogamia. Fonte: Elaboração própria.

## 5. Discussão

Os resultados apontam um aumento no número de pesquisas ao longo da década, notando que metade das tecnologias envolve o uso de hibridização de sementes nas áreas agrícolas por sua alta capacidade produtiva em relação aos cultivos convencionais, mas que há outras tecnologias alternativas para a conservação de polinizadores. Embora haja quedas expressivas em determinados anos, o padrão é persistente.

Com as técnicas de sensoriamento remoto, tornam-se possíveis a quantificação e qualificação de vários parâmetros biofísicos da vegetação, como cobertura do solo, atividade fotossintética e a caracterização e monitoramento de áreas com vegetação, entre outros (Coelho *et al.*, 2021). Normalmente, estas estimativas são efetuadas com a utilização dos chamados Índices de Vegetação (IVs) e outras variáveis extraídas de imagens de sensoriamento remoto, apresentando a grande vantagem de proporcionar a acessibilidade de informações em locais remotos e de difícil acesso, além de menos onerosos, em termos de trabalhos de campo, quando comparados aos métodos tradicionais (Ferraz, *et al.*, 2013).

Os invertebrados têm sido utilizados como bioindicadores para avaliar as condições ambientais dos ecossistemas, os quais devido às transformações antrópicas, juntamente com sua a fauna e flora, têm sido impactados (Oliveira *et al.*, 2014). Dentre os invertebrados, vários

organismos têm sido utilizados como bioindicadores dessas transformações (Oliveira *et al*, 2014). Esses organismos podem ser agrupados em três categorias principais: os indicadores ambientais; os indicadores ecológicos e os indicadores de biodiversidade (Oliveira *et al*, 2014). Os indicadores de biodiversidade têm-se destacado, principalmente, pelo crescente número de trabalhos envolvendo a escolha de áreas prioritárias para conservação (Oliveira *et al*, 2014). Uma questão que pode influenciar negativamente nesses estudos é a falta de especialistas na área de taxonomia, fato que pode limitar o conhecimento da diversidade e da distribuição de invertebrados nos ecossistemas (Oliveira *et al*, 2014). Dentre os insetos com potencial para uso em programas de monitoramento ambiental, as principais espécies pertencem às ordens Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Orthoptera (Oliveira *et al*, 2014). Esses insetos destacam-se pelo papel que desempenham no ecossistema: a ciclagem de nutrientes, a decomposição, a produtividade secundária, a polinização, o fluxo de energia, a predação, a dispersão de sementes, a regulação das populações de plantas e de outros organismos (Oliveira *et al*, 2014)

Avanços em tecnologias de monitoramento ambiental, como drones, sensoriamento remoto via satélite e inteligência artificial, estão revolucionando o monitoramento e meios de proteção dos ecossistemas naturais (Souza *et al*, 2024). Essas tecnologias permitem a coleta de dados em tempo real e em grande escala, fornecendo informações detalhadas sobre o uso do solo, a cobertura vegetal e a qualidade da água (Geoambiental, 2023). Com tais ferramentas, é possível identificar áreas de risco, monitorar a saúde dos ecossistemas, a qualidade do ar e da água, além de identificar possíveis impactos das atividades humanas e planejar ações de conservação de maneira mais eficaz (Souza *et al*, 2024). A utilização de tecnologias avançadas na proteção da Amazônia oferece uma oportunidade sem precedentes para enfrentar os desafios ambientais de forma mais eficiente e sustentável (Souza *et al*, 2024). No entanto, é fundamental que essas iniciativas tecnológicas sejam acompanhadas por um arcabouço legal robusto e por um compromisso ético com a preservação dos direitos das comunidades locais e a proteção dos ecossistemas naturais (Souza *et al*, 2024). No passado, esse processo era mais restrito e demorado, mas com o avanço da tecnologia, surgiram novas abordagens que o tornaram mais abrangente e ágil. Drones e sensoriamento remoto via satélite, são ferramentas poderosas para o monitoramento ambiental. Eles permitem a coleta de dados georreferenciados em larga escala, fornecendo informações detalhadas sobre o uso do solo, cobertura vegetal, qualidade da água e muito mais. Essas tecnologias ajudam na identificação de áreas de risco e no planejamento de ações de conservação (Geoambiental, 2023). O uso de satélites para monitoramento ambiental também é uma inovação tecnológica que contribui para a tomada de decisão e proteção dos

ambientes naturais. Ademais, a referida tecnologia também é utilizada para a disseminação de informações geoespaciais por meio de dados e informações técnicas sobre os principais satélites e sistemas sensores remotos utilizados em agricultura e ambiente (Embrapa, 2020). Registra-se que o monitoramento ambiental, assim compreendido como o conjunto de atividades realizadas para obter conhecimento e acompanhar sistematicamente a situação dos recursos naturais, amplia a preservação, mitigação dos impactos e também a garantia de que o ambiente monitorado seja utilizado de forma sustentável (Certi, 2020).

Um dos principais desafios no monitoramento de fauna é a falta de recursos financeiros e humanos. Muitas iniciativas de conservação dependem de financiamento limitado, o que pode restringir a capacidade de realizar estudos abrangentes e contínuos. A escassez de profissionais qualificados na área de biologia da conservação e ecologia também pode dificultar a implementação de programas de monitoramento eficazes. Para superar esse desafio, é fundamental buscar parcerias com instituições acadêmicas, organizações não governamentais e o setor privado, que podem fornecer apoio técnico e financeiro (Guilhermino, 2025). Outro desafio significativo é a complexidade dos ecossistemas e a diversidade de espécies que habitam uma determinada área. Cada espécie pode ter necessidades ecológicas diferentes, o que torna o monitoramento mais complicado. Além disso, as interações entre espécies e entre elas e o ambiente podem ser complexas e dinâmicas. Para lidar com essa complexidade, é importante adotar uma abordagem multidisciplinar que considere as interações ecológicas e utilize diferentes métodos de monitoramento. A combinação de técnicas, como câmeras de armadilha, rastreamento por GPS e monitoramento acústico, pode fornecer uma visão mais abrangente da fauna em um ecossistema (Guilhermino, 2025). A mudança climática também representa um desafio crescente para o monitoramento de fauna. As alterações nas condições climáticas podem afetar a distribuição e o comportamento das espécies, tornando difícil prever como elas responderão a essas mudanças. Além disso, a mudança climática pode impactar a disponibilidade de recursos, como alimento e habitat, o que pode levar a alterações nas populações de fauna. Para enfrentar esse desafio, é essencial integrar dados climáticos nas análises de monitoramento e desenvolver modelos preditivos que ajudem a entender como as espécies podem se adaptar às mudanças ambientais (Guilhermino, 2025).

O desmatamento de áreas naturais com o objetivo de criar cultivos comercialmente importantes ou áreas de pastagem (Wilcock; Neiland, 2002; Lopes *et al.* 2005; Kerr *et al.*, 2010; Oliveira, 2015; Lopes *et al.*, 2018), altera o equilíbrio preexistente entre as espécies dessas áreas, causando efeitos negativos na disponibilidade de alimento, impactando diretamente as abelhas que dependem desses recursos florais (Oliveira, 2015). Além disso, o desmatamento

pode ocasionar a fragmentação de áreas diminuindo a variabilidade genética e gerando estresse causado pelo transporte a longas distâncias (Lopes *et al.*, 2005; Maia, 2010; Kerr *et al.*, 2010; Gonçalves, 2012; Rocha; Alencar, 2012; Arioli *et al.*, 2017). A urbanização foi intensificada pelo aumento populacional, ocasionando derrubadas de grandes áreas florestais, locais que antes serviam de abrigo para esses polinizadores (Afonso, 2012; Barbosa *et al.*, 2017). Algumas espécies de abelhas realizam ninhos subterrâneos superficiais perdendo suas moradias, fontes alimentícias (Lopes *et al.*, 2005; Kerr *et al.*, 2010; Afonso, 2012) e perturbando diretamente a sobrevivência dessas espécies. Além disso, esses fatores auxiliam o isolamento das espécies, causando assim endogamia e contribuindo de forma significativa para a manifestação de genes recessivos (Zayed, 2009). As mudanças climáticas que ocorreram nos últimos anos causaram impactos no meio ambiente e são consideradas possíveis causas no desaparecimento das abelhas (Gonçalves, 2012; Rocha; Alencar, 2012; Barbosa *et al.*, 2017). À medida que o clima global muda, os ciclos sazonais equilibrados também começam a mudar (Ogilvie, 2017). O interessante seria a distribuição das flores ao longo de uma estação e não em apenas um determinado momento (Ogilvie, 2017), o que pode ocasionar pouca disponibilidade de flores em alguns períodos, resultando em uma escassez geral de alimentos para as abelhas. Além disso, estudos mostram que as abelhas se tornaram vulneráveis ao aumento de temperaturas (Bizawu; Lemgruber, 2018).

O melhoramento genético constitui-se do conjunto de técnicas (inclusive a seleção) e estratégias aplicadas ao aprimoramento genético das populações, com o objetivo de elevar os índices produtivos, reprodutivos e sanitários dos indivíduos, bem como a qualidade dos produtos ou serviços. A seleção é uma técnica utilizada para escolher os indivíduos com características desejáveis dentro de um plantel, para transferi-las às gerações seguintes (Martins *et al.*, 2025).

A agricultura vertical é um método de cultivo de plantas em camadas empilhadas verticalmente, geralmente em ambientes internos controlados, como armazéns ou estufas. Ao contrário da agricultura tradicional, que depende de vastas extensões de terra, a agricultura vertical utiliza o espaço de forma mais eficiente, com múltiplas camadas ou torres dedicadas ao cultivo. Esse método pode reduzir significativamente a necessidade de terras aráveis e é mais adaptável a ambientes urbanos, onde o espaço é limitado (Kunwar, 2025), reduzindo custos de transporte e emissões, além de proporcionar segurança ambiental (Swasya, 2025). A integração da Internet das Coisas (IoT) na agricultura vertical provou ser um divisor de águas. A IoT conecta diversos dispositivos, sensores e sistemas à internet, permitindo que os agricultores monitorem e controlem as condições em tempo real de qualquer lugar. Essa conectividade

possibilita o monitoramento remoto, a tomada de decisões baseada em dados e sistemas automatizados, fatores que contribuem para o sucesso da agricultura urbana. A IoT aprimora a eficiência, a escalabilidade e a sustentabilidade das fazendas verticais, fornecendo dados precisos sobre as condições ambientais e a saúde das plantas. Por meio de sensores e automação, a IoT reduz erros humanos, diminui custos operacionais e aumenta a produtividade, criando um sistema de produção de alimentos mais sustentável (Kunwar, 2025). Os sensores são um dos componentes essenciais dos sistemas de IoT na agricultura vertical. Esses dispositivos coletam uma ampla gama de dados que ajudam os agricultores a monitorar o ambiente de cultivo e a tomar decisões informadas. Os sensores mais comuns usados em fazendas verticais incluem: sensores de temperatura: essencial para a saúde e o crescimento das plantas. Sensores medem a temperatura do ar e do solo para garantir que o ambiente permaneça dentro das faixas ideais para cada cultura; sensores de umidade: monitoram os níveis de umidade no ar, o que é crucial para controlar a taxa de transpiração e manter as condições ideais de crescimento para as plantas; sensores de luz frequentemente utilizam sistemas de iluminação artificial para simular a luz solar natural. Sensores de luz ajudam a garantir que as plantações recebam a quantidade certa de luz com a intensidade adequada. Isso é especialmente importante em sistemas hidropônicos ou aeropônicos, onde as plantações dependem inteiramente de iluminação artificial; sensores de umidade de solo: monitoram os níveis de umidade no solo, ajudando os agricultores a decidir quando irrigar suas plantações. Irrigação excessiva ou insuficiente pode levar ao crescimento deficiente das culturas, portanto, o monitoramento preciso ajuda a manter o equilíbrio hídrico adequado no solo; sensores de nutriente: medem a concentração de nutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio, garantindo que as plantas tenham os nutrientes necessários para um crescimento saudável; sensores de CO<sub>2</sub>: detectam os níveis de CO<sub>2</sub> no ambiente de cultivo permitem que as fazendas verticais mantenham níveis ótimos desse gás. Ao ajustar as concentrações de CO<sub>2</sub>, os agricultores podem garantir que as plantas realizem a fotossíntese de forma mais eficiente, o que pode levar a um crescimento mais rápido e maiores rendimentos (Kunwar, 2025). A IoT na agricultura vertical não existe isoladamente. Ela se integra a outras tecnologias inteligentes, como inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (ML), para aprimorar ainda mais as capacidades agrícolas. Essas tecnologias podem analisar grandes conjuntos de dados, prever condições futuras e otimizar as práticas agrícolas de maneiras que seriam impossíveis para os humanos fazerem manualmente (Kunwar, 2025). Por exemplo, a IA pode prever o melhor momento para plantar ou colher safras com base em tendências de dados, e os algoritmos de aprendizado de máquina podem aprender e melhorar

com base em dados anteriores, aprimorando continuamente as operações agrícolas (Kunwar, 2025).

Entretanto, apesar das tecnologias promissoras, os problemas que podem acompanhar na aplicação delas se não forem bem manejadas, desde a exigência do algoritmo para a identificação de todos os objetos desejados como o processamento de rastreamentos múltiplos, além de possuir certas limitações, como o custo elevado inicial para a implementação dessas tecnologias, restringindo o acesso para a maioria das empresas. Outra limitação é a incapacidade de resolver problemas complexos, como o uso indiscriminado de agrotóxicos, as mudanças climáticas e a perda de habitats, ainda precisando de vigilância humana, mas que as tecnologias possam ter função de auxílio.

É sugerido uma coprodução de conhecimento para realizarem tomadas de decisões mais assertivas, garantindo as tecnologias mais o conhecimento multidisciplinar e que sejam aplicadas de forma mais eficiente e sustentável.

## 6. Conclusões

Existe um crescimento de tecnologias de conservação, a maioria sendo de tecnologias de hibridização e polinizadores sendo majoritariamente compostos por abelhas. A prospecção tecnológica permitirá compreender o panorama atual da inovação aplicada à conservação de polinizadores, contribuindo para pesquisas futuras, políticas públicas e práticas sustentáveis.

## 7. Referências

AFONSO, J. Origem das linhagens mitocondriais nas abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) do Brasil. Dissertação (Mestrado em Genética Evolutiva e Biologia Molecular) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, São Carlos, 2012. Acesso em: 26 jan. 2026.

ARIOLI, C. J. *et al.* Polinizadores em perigo: por que nossas abelhas estão desaparecendo?. In: Anais [...] Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). SIMPÓSIO INTERNACIONAL CIÊNCIA, SAÚDE E TERRITÓRIO, 4, Lages, SC: UNIPLAC, 05 a 07 de jun. 2017. Acesso em: 26 jan. 2026.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BOREM, A. (Ed.) Biotecnologia florestal. Viçosa, MG: [s.n.], 2015. p. 93-121. Acesso em: 20 jan. 2026.

ASSIS, T.F. Melhoramento genético do eucalipto. Informe Agropecuário, Cidade Nova, v. 189, n. 185, p. 32-51, 1996. Acesso em: 20 jan. 2026.

BARBOSA, D.B.; CRUPINSKI, E.F.; SILVEIRA, R.N.; *et al.* As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 694–703, 2017. DOI: 10.21674/2448-0479.34.694-703. Disponível em: <https://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/1068>. Acesso em: 18 jan. 2026.

BARRETO, C.F; *et al.* Raleio Mecânico de Flores e Frutos de Diferentes Genótipos de Pessegueiros. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, RS, ISSN 1678-2518, 14 p., dez. 2020. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1133081/1/Boletim-339.pdf#:~:text=Na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20p%C3%AAssegos%2C%20o%20raleio%20%C3%A9,uma%20alternativa%20ao%20raleio%20manual%20de%20frutos>. Acesso em: 1 fev. 2026

BERGAMIN, M. **Sistemas de Colheita: Do Manual ao Automatizado, Qual o Melhor para Sua Lavoura?.** Aegro, 2025. Disponível em: <https://aegro.com.br/blog/sistemas-de-colheita-2025/#:~:text=Na%20colheita%20mecanizada%2C%20um%20operador%20controla%20a,a%20vis%C3%A3o%20computacional%20para%20selecionar%20os%20produtos>. Acesso em: 1 fev. 2026.

BERINGER, Juliana; MACIEL, Fábio Luis; TRAMONTINA, Francine Fioravanso. O declínio populacional das abelhas: causas, potenciais soluções e perspectivas futuras. **Revista Teste SPGG**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 18–27, 2019. DOI: 10.21674/2448-0479.51.18-27. Disponível em: <https://testesite.uergs.edu.br/index.php/testespgg/article/view/1686>. Acesso em: 26 jan. 2026.

BIZAWU, Kiwonghi; LEMGRUBER, Vanessa. Aspectos jurídicos da desordem de colapso das colônias: o desaparecimento de abelhas. *Revista Direito Mackenzie*, v. 12, n. 1, 2018. Acesso em: 26 jan. 2026.

BREED, Michael D.; SMITH, Terry A.; TORRES, Armando. Role of guard honey bees (Hymenoptera: Apidae) in nestmate discrimination and replacement of removed guards. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 85, n. 5, p. 633–637, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aesa/85.5.633>. Acesso em: 27 jan. 2026.

CAMPBELL, Jennifer M.; DAHN, Douglas C.; RYAN, Daniel AJ. Capacitance-based sensor for monitoring bees passing through a tunnel. **Measurement Science and Technology**, v. 16, n. 12, p. 2503, 2005. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0957-0233/16/12/015/meta>. Acesso em: 27 jan. 2026.

CANNY, John. A computational approach to edge detection. **IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence**, n. 6, p. 679–698, 2009. Disponível em: [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4767851?casa\\_token=9IGxujJUPPAAAAAA:8fvjwkvbzzBUWnzjH-ajPZhttK-VD\\_nELmbfSo\\_bIRQRdgb-1LZu4jaanerIbD6FwQrrR2xo2o](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4767851?casa_token=9IGxujJUPPAAAAAA:8fvjwkvbzzBUWnzjH-ajPZhttK-VD_nELmbfSo_bIRQRdgb-1LZu4jaanerIbD6FwQrrR2xo2o). Acesso em: 29 jan. 2026.

CARVALHO, M. A. di *et al.* AVANÇOS NA HIBRIDAÇÃO E POLINIZAÇÃO CONTROLADA: IMPULSIONANDO O SETOR DE FLORESTAS PLANTADAS NO

BRASIL. In: **TÓPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA FLORESTAL-VOLUME 1**. Editora Científica Digital, 2024. p. 9-21. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/240416456.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2026.

CERTI. **Entenda melhor o monitoramento ambiental por sensoriamento remoto**. Artigo publicado em Ago.de 2020. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/monitoramento-ambiental-sensoriamento-remoto/>. Acesso em: 25 jan. 2026.

CHEN, Wei-Sheng *et al.* Development of a monitoring system for honeybee activities. In: **2015 9th International Conference on Sensing Technology (ICST)**. IEEE, 2015. p. 745-750. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7438495>. Acesso em: 27 jan. 2026.

CHILDERS, N. F. **fruit farming**. Encyclopedia Britannica, 2019, Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/fruit-farming>. Acesso em: 1 fev. 2026.

CHIRON, Guillaume; GOMEZ-KRÄMER, Petra; MÉNARD, Michel. Detecting and tracking honeybees in 3D at the beehive entrance using stereo vision. **EURASIP Journal on Image and Video Processing**, v. 2013, n. 1, p. 59, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/1687-5281-2013-59>. Acesso em: 29 jan. 2026.

CHUANG, Z. **Bumblebee cucumber hybrid seed reproduction technology**. CN 113396817 A, 22 jul. 2021. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/112-798-798-913-331/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

COELHO, M. S.; PEREIRA, J. D. A.; LUCENA, M. M. A. de; *et al.* Sensoriamento remoto aplicado em área de caatinga como subsídios para conservação da biodiversidade. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 159–166, 2021. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0014. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/5601>. Acesso em: 25 jan. 2026.

DUHAMEL, Pierre-Emile *et al.* Hardware in the loop for optical flow sensing in a robotic bee. In: **2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems**. IEEE, 2011. p. 1099-1106. Disponível em: [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6095160?casa\\_token=3\\_xFs8rQW8IAAAAA:KnKmDx5Dt1z\\_fwArdvvMRclh9qDDLLaL3CyGFkzMuNP0sQJf\\_7mJmkhRcdzPJC134E4GoCUFs](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6095160?casa_token=3_xFs8rQW8IAAAAA:KnKmDx5Dt1z_fwArdvvMRclh9qDDLLaL3CyGFkzMuNP0sQJf_7mJmkhRcdzPJC134E4GoCUFs). Acesso em: 29 jan. 2026.

EMBRAPA. **Polinização**. Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-norte/polinizacao>. Acesso em: 15 jan. 2026.

EMBRAPA. **Satélites de monitoramento**. Artigo publicado em: mai. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>. Acesso em: 25 jan. 2026.

ERXI, L.; CHAOZHU, Y.; XIAOJIANG, Z.; *et al.* **Method for producing amorphophallus konjac hybrid seedling seeds with pollinating insects**. CN 105230474 A, 28 oct. 2015. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/088-086-975-030-158/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

ESTADÃO. **A polinização cruzada e sua importância na agricultura.** Agro Estadão, 2025. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/sustentabilidade/a-polinizacao-cruzada-e-sua-importancia-na-agricultura>. Acesso em: 27 jan. 2026.

Exóticas invasoras: abelhas africanizadas trazem prejuízos às nativas. Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina, 2019. Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/noticias/1264-exoticas-invasoras-abelhas-africanizadas-trazem-prejuizos-as-nativas#:~:text=IMA%20%2D%20Instituto%20do%20Meio%20Ambiente,africanizadas%20razem%20preju%20C3%ADzos%20%20C3%A0s%20nativas>. Acesso em: 11 mar. 2026.

GEOAMBIENTAL. **Tecnologias sustentáveis para monitoramento ambiental.** Artigo publicado em 14 Ago. 2023. Disponível em: <https://geoambientalgyn.com/tecnologias-sustentaveis-para-monitoramento-ambiental/>. Acesso em: 25 Jan. 2026.

GONÇALVES, L. S. O desaparecimento das abelhas, suas causas, consequências e o risco dos neonicotinoides para o agronegócio apícola. **Mensagem doce**, v. 117, p. 2-12, 2012. Acesso em: 26 jan. 2026.

GUILHERMINO, I. Monitoramento de Fauna é Essencial para a Conservação da Biodiversidade. **Ambiens - Soluções Ambientais**, 2025. Disponível em: <https://www.ambiens.com.br/blog/categorias/artigos/monitoramento-de-fauna-e-essencial-para-a-conservacao-da-biodiversidade>. Acesso em: 26 jan. 2026.

HUA, Z.; RONG, Z.; SHUYING, O. **Planting method of passion fruits.** CN 110476694 A, 29 sep. 2019. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/146-664-937-894-813/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

JIAMING, Y.; ZHANGLIN, T.; JIANA, L. **Method for accelerating transformation of cytoplasmic male sterile line of brassica napus.** CN 112189563 A, 19 OCT. 2020. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/021-267-246-863-24X/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

JUDD, W. S. *et al.* Sistemática Vegetal. Um enfoque filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 632. Acesso em: 20 jan. 2026.

KATUMO, D.M.; LIANG, H.; OCHOLA, A.C.; *et al.* Pollinator diversity benefits natural and agricultural ecosystems, environmental health, and human welfare. **Plant Diversity**, [s.l.], v. 44, n. 5 p. 429-435, sep. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pld.2022.01.005>. Acesso em: 18 jan. 2026.

KERR, W. E. *et al.* Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 20-41, 2010. Acesso em: 26 jan. 2026.

KUNWAR, M. **IoT in Vertical Farming: The Role of Sensors and Automation in Urban Agriculture**. Hash Studioz Technologies, 2025. Disponível em: <https://www.hashstudioz.com/blog/iot-in-vertical-farming-the-role-of-sensors-and-automation-in-urban-agriculture/#:~:text=Em%20fazendas%20verticais%2C%20sistemas%20de,culturas%20recebam%20a%20quantidade%20adequada>. Acesso em: 1 fev. 2026.

LEAL, R. DE M. **Ameaça Invisível, Impacto Visível: A Urgência da Conservação das Abelhas na Polinização para a Manutenção da Biodiversidade**. Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Piauí-UESPI, campus Picos, 2025. Disponível em: <https://sistemas2.uespi.br/bitstream/tede/2970/2/Monografia%20Completa.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.

LIU, L. **Rice hybridization castration method**. CN 106106123 A, 26 jun. 2016. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/070-267-840-533-443/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

LOPES, I. S. *et al.* Agrotóxicos: a ameaça de extinção das abelhas no brasil. 2018. Acesso em: 26 jan. 2026.

LOPES, M.; FERREIRA, J. B.; SANTOS, G. Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível. **Agriculturas**, v. 2, n. 4, p. 7-9, 2005. Acesso em: 26 jan. 2026.

LUCCÂS, N. *et al.* Abelhas polinizadoras, agricultura sustentável e segurança alimentar no Brasil: refletindo os ODS 2 à luz da ciência pós-normal. *R. bras. meio. amb. sustentab.*, Florianópolis, v. 1, n. 6, p. 79-104, set.-out. 2021. Acesso em: 25 jan. 2026.

LUO, Wenhan *et al.* Multiple object tracking: A literature review. **Artificial intelligence**, v. 293, p. 103448, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.artint.2020.103448>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MA, Y.; DABIN, H.; JINGBEI, L.; *et al.* **Bupleurum chinense hybridization technology overcoming seed production difficulties in high-rainfall region**. CN 106069105 A, 28 jun. 2016. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/024-329-415-796-675/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

MAIA, F. M. C.; LOURENÇO, D. A. L.; TOLEDO, V. A. A. Aspectos econômicos e sustentáveis da polinização por abelhas. **Sistemas de Produção Agropecuária (Ciências Agrárias, Animais e Florestais)**, 2010. Acesso em: 26 jan. 2026.

MARTINS, Ângela M. F.; ALMEIDA, P. A. R.; ALVES, R. C. Melhoramento genético de abelhas *Apis mellifera*: revisão de literatura. **REVISTA DELOS**, [S. l.], v. 18, n. 70, p. e6448, 2025. DOI: 10.55905/rdelosv18.n70-149. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/6448>. Acesso em: 20 jan. 2026.

MARTINS, F. G.; IKEMORI, Y. K. Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz. Anais Reunião sobre Técnicas Para Produção de Híbridos, Piracicaba, p. 15, 1987. Acesso em: 20 jan. 2026.

Modern Farming Methods of Agriculture; Evolution of Agriculture. Swasya Living, 2025. Disponível em: <https://www.swasya.com/blog/modern-farming-methods-of-agriculture>. Acesso em: 1 fev. 2026.

NGO, Thi Nha *et al.* Automated monitoring and analyses of honey bee pollen foraging behavior using a deep learning-based imaging system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 187, p. 106239, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106239>. Acesso em: 29 jan. 2026.

OGILVIE, J. E. *et al.* Interannual bumble bee abundance is driven by indirect climate effects on floral resource phenology. *Ecology letters*, v. 20, n. 12, p. 1507-1515, 2017. Acesso em: 26 jan. 2026.

OLIVEIRA, J.R.; Jordão N.; *et al.* Bayesian Multi-Targets Strategy to Track *Apis mellifera* Movements at Colony Level. **Insects**, v. 13, n. 2, p. 181, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/13/2/181>. Acesso em: 29 jan. 2026.

OLIVEIRA, A.; **Técnicas de Cultivo: Guia Completo para Aumentar a Produtividade da sua Lavoura**. Aegro, 2024. Disponível em: <https://aegro.com.br/blog/tecnicas-de-cultivo/#:~:text=T%C3%A9cnicas%20de%20Cultivo:%20Guia%20Completo,sua%20Lavoura%207C%20Blog%20da%20Aegro>. Acesso em: 27 jan. 2026.

OLIVEIRA, M. A. DE; *et al.* Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil, v. 61, p. 800–807, nov. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000005>. Acesso em: 25 jan. 2026.

OLIVEIRA, M. O. Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. **ACTA Apícola Brasilica**, v. 3, n. 2, p. 01-06, 2015. Acesso em: 26 jan. 2026.

ORME, R. K.; HETHERINGTON, S J. Benefits of hybridization for the temperate Eucalypts. In: INTENSIVE FORESTRY: THE ROLE OF EUCALYPTS, Anais... Durban: IUFRO, p. 168-275, 1991. Acesso em: 20 jan. 2026.

PREVEDEL, D. **Produção Agrícola: 5 Tipos + Dados do Brasil 2025**. Aegro, 2024. Disponível em: <https://aegro.com.br/blog/producao-agricola/#:~:text=do%20ecossistema%20agr%C3%ADcola,-Qual%20o%20tipo%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20agr%C3%ADcola%20mais%20comum%20no%20Brasil,e%2C%20principalmente%2C%20%C3%A0%20exporta%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 27 jan. 2026.

ROCHA, M.C.L.S.A.; ALENCAR, S. Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento. **Brasília: Ibama**, 2012. Acesso em: 26 jan. 2026.

SALAS, Joaquin; VERA, Pablo. Counting the Bumblebees Entering and Leaving a Beehive. **Proceedings of the Visual Observation and Analysis of Animal and Insect Behaviour, Tsukuba, Japan**, v. 11, 2012. Disponível em: <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/VAIB12PAPERS/salas.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

SANTOS, G. A.; XAVIER, A.; LEITE, H. G. Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis* em relação às árvores matrizes. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 737-747, 2006. Acesso em: 20 jan. 2026.

SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Programa Cooperativo do IPEF “Produção de Híbridos”. IPEF. Piracicaba, 1988. Acesso em: 20 jan. 2026.

SHIGERU, H.; LINA, S.; BING, L.; *et al.* **Method for improving fruiting of male sterile lagerstroemia speciosa 'Yunnan'**. CN 120036232, 26 mar. 2025. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/187-027-473-088-105/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

SHUANGYUN, L.; RUONAN, Z.; YINYIN, F.; *et al.* **Method for field cross breeding of big black poplar**. CN 118592323 A, 25 jun. 2024. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/036-077-474-628-986/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

SHUJUN, G.; CHUNXIU, W.; YIJANG, M.; *et al.* **Pollination method for improving hybridization success rate of perilla frutescens**. CN 111972280 A, 24 aug. 2020. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/038-534-113-931-764/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

SOUZA, A. P. de; SALES, R. A. C. de; SIMAS, D. C. de S. *et al.* Tecnologia e proteção legal do meio ambiente amazônico: monitoramento e conservação da biodiversidade através de inovações tecnológicas. **REVISTA DELOS**, [S. l.], v. 17, n. 57, p. e1586, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n57-027. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1586>. Acesso em: 25 jan. 2026.

STREIT, Sebastian *et al.* Automatic life-long monitoring of individual insect behaviour now possible. **Zoology**, v. 106, n. 3, p. 169-171, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1078/0944-2006-00113>. Acesso em: 27 jan. 2026.

STUMMEL, J. R.; BOSLAND, P. Ornamental pepper. *Capsicum annuum*. In: ANDERSON, N. O. Flower breeding and genetics: issues, challenges, and opportunities for the 21st Century, ed. Dordrecht, Holanda: Springer, 2006. p.561-599. Acesso em: 20 jan. 2026.  
WADDINGTON, Keith D. Flight patterns of foraging bees relative to density of artificial flowers and distribution of nectar. **Oecologia**, v. 44, n. 2, p. 199-204, 1980. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00572680>. Acesso em: 27 jan. 2026.

WEIMING, X.; JIAWEI, H.; ZHIJIN, L. **Rosaceae and prunosoidea cross-genus cross-breeding method**. CN 112056206 A, 22 sep. 2020. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/084-803-306-002-073/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

WEITANG, L.; HONGXIN, L.; SHULIANG, M.; *et al.* **Comprehensive technology for improving *Arachis hypogaea* Linn. hybridization efficiency.** CN 111771715 A, 16 jul. 2020. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/087-342-486-291-65X/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

WILCOCK, C.; NEILAND, R. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends in plant science*, v. 7, n. 6, p. 270-277, 2002. Acesso em: 26 jan. 2026.

WU, J.; SHICHENG, Y.; XIAOHONG, Z.; *et al.* **Strawberry day waterfall three-dimensional cultivation method.** CN 119073203 A, 27 aug. 2024. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/078-748-148-424-10X/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

XIAOFENG, C.; RUKUI, H.; JIAZUO, L.; *et al.* **Cultivation method of strong female balsam pear variety.** CN 119138275 A, 30 sep. 2024. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/083-023-967-106-36X/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

XU, Z.; SONG, H.; WANG, L.; *et al.* **Breeding Method Of White-Fleshed Loquat And Method For Shortening Juvenile Phase.** NL 2033533 B1, 15 nov. 2022. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/191-260-102-022-727/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

YANG, Cheng; COLLINS, John. Improvement of honey bee tracking on 2D video with hough transform and Kalman filter. *Journal of Signal Processing Systems*, v. 90, n. 12, p. 1639-1650, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11265-017-1307-x>. Acesso em: 29 jan. 2026.

Yiyao Zheng, Xiaoyan Cao, Shaocong Xu, *et al.* Intelligent beehive monitoring system based on internet of things and colony state analysis. *Smart Agricultural Technology*, [S. I.], v. 9, 2024, n. 100584, ISSN 2772-3755. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100584>. Acesso em: 29 jan. 2026.

YONG, L. K.; HYUN, K. T.; BO, L. Y. **Smart Beehive System For Bee Pollination.** WO 2024/128759 A1, 12 dec. 2023. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/056-833-331-706-699/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

YUEPING, S.; TINGTING, H.; JIJIAN, X.; *et al.* **Method for large-scale planting of high-yield *siraitia grosvenorii*.** CN 110574622 A, 14 oct. 2019. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/186-439-288-672-531/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

YUNBO, W. **Comprehensive measure transformation technology for low-yield *camellia oleifera* forest.** CN 116195465 A, 10 MAR. 2023. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/157-333-389-786-127/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

ZAYED, A. Bee genetics and conservation. *Apidologie*, v. 40, n. 3, p. 237-262, 2009. Acesso em: 26 jan. 2026.

ZHAO, Zhong-Qiu *et al.* Object detection with deep learning: A review. **IEEE transactions on neural networks and learning systems**, v. 30, n. 11, p. 3212-3232, 2019. Disponível em: [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8627998?casa\\_token=RXaLhEhFIIwAAAAA:oBXINtFaKXn2lD-AFGTzSfq-0OcrPnior0JWINYYqnG95uj\\_Ay-vj2fd\\_sb173pT1810RuYHOxY](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8627998?casa_token=RXaLhEhFIIwAAAAA:oBXINtFaKXn2lD-AFGTzSfq-0OcrPnior0JWINYYqnG95uj_Ay-vj2fd_sb173pT1810RuYHOxY). Acesso em: 29 jan. 2026.

ZHEPAN, L.; WENZHONG, Y.; YANG, S.; *et al.* **Rapid screening method for pollination male plants in actinidia arguta orchard and application**. CN 114766353 A, 9 mar. 2022. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/094-612-830-369-024/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.

ZHONGFANG, W. **Five-variety-in-one high-yield hybrid variety and planting technology**. CN 112690205 A, 23 oct. 2019. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/196-413-796-948-714/frontpage?l=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.