REVISTA BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO E INOVAÇÃO DA UNIVEL

DECLÍNIO GLOBAL DE INSETOS E SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA: ANÁLISE CRÍTICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO USO DE DEFENSIVOS NO BRASIL

GLOBAL INSECT DECLINE AND AGRICULTURAL SUSTAINABILITY: A CRITICAL ANALYSIS OF CLIMATE CHANGE AND PESTICIDE USE IN BRAZIL

Glauco Rogério Ferreira[1]

Resumo: O declínio populacional de insetos tem se tornado uma das principais preocupações ambientais do século XXI, devido às implicações ecológicas, econômicas e sociais. Esta revisão bibliográfica tem como objetivo analisar criticamente estudos nacionais e internacionais sobre os principais fatores associados ao fenômeno, com ênfase nas mudanças climáticas e no uso de defensivos agrícolas. Foram selecionados 26 artigos científicos publicados entre 2010 e 2025, abordando mecanismos de impacto, tendências populacionais e estratégias de conservação. Os resultados apontam que o declínio de insetos é multifatorial, sendo influenciado por mudanças climáticas, uso intensivo de pesticidas, perda de habitat, poluição e introdução de espécies exóticas. No Brasil, destaca-se o papel do agronegócio e do uso massivo de agrotóxicos como fatores centrais. Conclui-se que a compreensão do fenômeno requer integração entre ciência, políticas públicas e práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: Insetos. Defensivos agrícolas. Mudanças climáticas. Biodiversidade. Polinizadores.

Abstract: The population decline of insects has become one of the main environmental concerns of the 21st century, due to its ecological, economic, and social implications. This literature review aims to critically analyze national and international studies on the main factors associated with this phenomenon, with emphasis on climate change and the use of agricultural pesticides. A total of 26 scientific articles published between 2010 and 2025 were selected, addressing impact mechanisms, population trends, and conservation strategies. The results indicate that insect decline is multifactorial, influenced by climate change, intensive pesticide use, habitat loss, pollution, and the introduction of exotic species. In Brazil, agribusiness and massive pesticide use stand out as central factors. It

[1] Graduado em Licenciatura em Biologia pelas Faculdades Integradas Maria Imaculada (1997), mestre em Parasitologia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (2004) e doutor em Biologia Animal pela mesma instituição (2013). Atua como docente e pesquisador da Univel, desenvolvendo atividades nas áreas de Biologia, Entomologia, Parasitologia e sustentabilidade agrícola. Possui experiência em pesquisa científica, orientação acadêmica e desenvolvimento de projetos voltados à biodiversidade, ecologia e impactos ambientais relacionados ao uso de defensivos agrícolas e às mudanças climáticas.

is concluded that understanding the phenomenon requires integration between science, public policies, and sustainable agricultural practices.

Keywords: Insects. Pesticides. Climate change. Biodiversity. Pollinators.

1 INTRODUÇÃO

Os insetos, organismos onipresentes e multifacetados, desempenham papéis essenciais na manutenção da saúde dos ecossistemas, atuando como polinizadores, decompositores, controladores biológicos e elo fundamental nas cadeias alimentares. Contudo, um corpo crescente de pesquisas tem evidenciado um declínio expressivo na abundância e diversidade desses organismos em escala global, fenômeno que vem sendo denominado como a “crise dos insetos”. Estudos globais sugerem que as populações de insetos vêm apresentando reduções significativas nas últimas décadas, uma tendência que impacta diretamente a agricultura, a conservação da biodiversidade e a estabilidade dos ecossistemas.

A discussão científica sobre as causas desse declínio é complexa e multifatorial. Enquanto parte da comunidade científica associa o fenômeno às mudanças climáticas de origem antropogênica, que alteram os padrões de temperatura e precipitação e afetam a sincronia entre insetos e plantas, outros estudos destacam a relevância de fatores mais diretos. Entre eles, o uso intensivo de defensivos agrícolas, especialmente os inseticidas neonicotinoides, que, mesmo em doses subletais, podem comprometer a orientação, a capacidade de forrageamento e a saúde reprodutiva de insetos benéficos. A perda e fragmentação de habitats naturais, impulsionadas pela expansão urbana e agrícola, juntamente com a poluição ambiental, também figuram como pressões significativas. Este artigo busca integrar essas perspectivas, com foco especial no contexto brasileiro, um país marcado pela pujança de seu agronegócio e, concomitantemente, pelo uso intensivo de pesticidas.

Além dos inegáveis aspectos ambientais, é imperativo ressaltar que o declínio de insetos possui implicações econômicas e sociais de grande magnitude. Estima-se que cerca de 75% das espécies cultivadas utilizadas na alimentação humana dependam, em algum grau, da polinização realizada por insetos. A redução desses agentes polinizadores representa, portanto, uma ameaça direta à produtividade agrícola e à segurança alimentar global. Estudos internacionais apontam que o valor econômico anual da polinização ultrapassa centenas de bilhões de dólares. No Brasil, a contribuição econômica dos polinizadores para a agricultura foi estimada em aproximadamente R$ 43 bilhões anuais. Culturas de grande importância para a economia nacional, como a soja, o café, a laranja e o maracujá, apresentam aumentos significativos de produtividade quando polinizadas por insetos, evidenciando o peso da questão para o agronegócio.

A diversidade funcional dos insetos, que se manifesta em papéis variados e complementares, agrava as consequências de seu declínio. Enquanto abelhas e borboletas são reconhecidas principalmente pela polinização, besouros e formigas atuam de forma marcante na decomposição da matéria orgânica, na aeração e no equilíbrio do solo. Já as joaninhas, vespas parasitoides e libélulas exercem um controle biológico crucial sobre populações de pragas agrícolas, reduzindo a necessidade de intervenções químicas. A perda de diferentes grupos de insetos, portanto, não se limita a um impacto

isolado, mas pode desencadear efeitos em cascata, alterando redes tróficas, aumentando desequilíbrios ecológicos e elevando os custos de produção agrícola devido à maior incidência de pragas e à menor produtividade das culturas.

No Brasil, país megadiverso e um dos maiores produtores agrícolas do planeta, os impactos desse fenômeno assumem contornos ainda mais críticos. A agricultura intensiva, frequentemente baseada em extensas monoculturas e no uso de grandes quantidades de defensivos, tem contribuído para a diminuição da diversidade de insetos em várias regiões. A expansão da fronteira agrícola sobre biomas como o Cerrado e a Amazônia promove o desmatamento e a fragmentação de habitats, restringindo ainda mais o espaço vital para esses organismos e comprometendo a integridade de ecossistemas inteiros. Compreender o declínio de insetos sob a ótica brasileira é, portanto, essencial não apenas para a preservação da extraordinária biodiversidade nacional, mas também para garantir a sustentabilidade de um setor vital para a economia do país.

Por fim, é necessário destacar que o tema também envolve dimensões políticas e sociais complexas. Nos últimos anos, diversas organizações internacionais, agências ambientais e grupos da sociedade civil têm alertado sobre os riscos da perda de insetos para a humanidade. Em resposta, surgem iniciativas e políticas públicas que buscam mitigar o problema. No Brasil, exemplos como a Política Nacional de Incentivo à Produção Melífera e o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Insetos Polinizadores Ameaçados de Extinção representam passos importantes, embora a sua implementação efetiva ainda enfrente desafios. A transição para práticas agrícolas mais sustentáveis, como a agroecologia, que valoriza a diversidade de culturas, a rotação de culturas e o manejo integrado de pragas, apresenta-se como uma alternativa promissora para a conservação dos insetos e a promoção de um sistema alimentar mais resiliente. A complexidade do problema exige, portanto, um olhar multidisciplinar e a construção de um diálogo robusto que una ciência, políticas públicas e práticas agrícolas sustentáveis, buscando conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental para as presentes e futuras gerações.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa baseada em artigos publicados entre 2010 e 2025, selecionados em bases científicas como Web of Science, Scopus, SciELO, PubMed e Google Scholar. Os critérios de inclusão envolveram estudos relacionados ao declínio de insetos, efeitos de mudanças climáticas, impactos do uso de defensivos agrícolas e análises em contextos globais e brasileiros. Foram priorizados artigos revisados por pares e publicações de acesso aberto que permitissem o aprofundamento da discussão. Ao todo, 26 referências foram selecionadas para compor a análise.

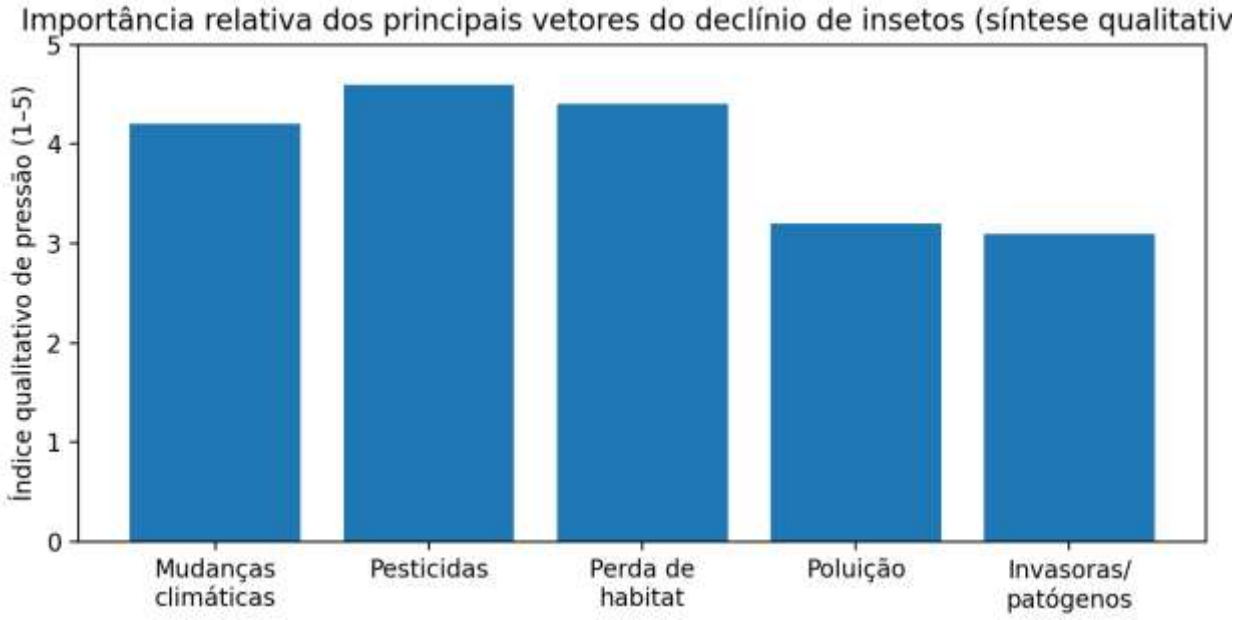
A síntese dos principais vetores associados ao declínio de insetos e seus mecanismos predominantes está apresentada na Tabela 1, permitindo visualização comparativa dos fatores identificados na literatura.

Tabela 1 – Síntese dos principais vetores do declínio de insetos e seus efeitos

Vetor	Mecanismo predominante	Grupos mais sensíveis	Evidência na literatura (exemplos)
Mudanças climáticas	Alteração de temperatura/precipitação; eventos extremos; dessincronização fenológica	Polinizadores; insetos tropicais; estágios imaturos	Deutsch et al. (2018); Harvey et al. (2023)
Defensivos agrícolas	Mortalidade direta e efeitos subletais; contaminação sistêmica; deriva	Abelhas; inimigos naturais; insetos aquáticos	Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019); Gándara et al. (2024)
Perda/fragmentação de habitat	Redução de recursos; isolamento populacional; perda de conectividade	Espécies especialistas e endêmicas	Wagner (2021); Lewinsohn et al. (2022)
Poluição	Luminosa/sonora; contaminantes; eutrofização; microplásticos	Insetos noturnos e aquáticos	Rico et al. (2022); Ziliotto et al. (2023)
Espécies invasoras/patógenos	Competição; predação; novos parasitas e doenças	Polinizadores e espécies nativas vulneráveis	Wagner (2021); Sukkar et al. (2025)

Fonte: elaborado pelo autor, com base na literatura revisada (2010–2025).

Figura 1 – Importância relativa dos principais vetores do declínio de insetos (síntese qualitativa)



Fonte: elaborado pelo autor (síntese qualitativa da revisão).

2.1 IMPLICAÇÕES PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA, EXTENSÃO RURAL E POLÍTICAS PÚBLICAS

A perda de insetos polinizadores e de inimigos naturais de pragas impacta diretamente a produtividade e a estabilidade dos sistemas agrícolas. Em curto prazo, a redução de polinizadores pode exigir polinização suplementar e aumentar custos de produção; no médio e longo prazo, pode reduzir a resiliência das lavouras a estresses climáticos e sanitários. Ao mesmo tempo, a diminuição de predadores e parasitoides favorece surtos de pragas secundárias, levando a ciclos de dependência de insumos químicos e ao agravamento de impactos ambientais.

A importância relativa dos principais vetores de pressão ambiental é ilustrada na Figura 1, evidenciando a contribuição combinada das mudanças climáticas e do uso de defensivos agrícolas no contexto analisado.

Do ponto de vista da extensão rural, recomenda-se a disseminação de práticas de manejo integrado de pragas (MIP), calibragem de pulverizadores, escolha criteriosa de moléculas e horários de aplicação para reduzir deriva e exposição de polinizadores, além da adoção de faixas floridas, manutenção de matas ciliares e mosaicos de paisagem que aumentem conectividade e oferta de recursos. Estratégias de comunicação com produtores devem enfatizar benefícios econômicos associados à conservação de serviços ecossistêmicos, em especial polinização e controle biológico.

Em políticas públicas, medidas prioritárias incluem: (i) fortalecimento de programas de monitoramento de insetos de longo prazo; (ii) incentivo econômico à restauração de habitats e corredores ecológicos; (iii) aprimoramento da avaliação de risco de agrotóxicos considerando efeitos subletais e misturas; e (iv) promoção de bioinsumos e tecnologias de aplicação de precisão. A literatura revisada sugere que respostas isoladas tendem a ser insuficientes, sendo necessária uma estratégia integrada que considere o caráter sinérgico dos estressores.

2.2 LIMITAÇÕES DA EVIDÊNCIA E AGENDA DE PESQUISA

Embora a produção científica sobre declínio de insetos tenha crescido, persistem limitações importantes: escassez de séries temporais longas em regiões tropicais, heterogeneidade metodológica entre estudos, sub-representação de grupos taxonômicos menos carismáticos e insuficiência de dados sobre efeitos combinados (misturas) de agroquímicos em condições de campo. No Brasil, a falta de redes nacionais de monitoramento e de dados abertos dificulta comparações regionais e avaliações de tendência.

Como agenda de pesquisa, destacam-se: (i) padronização de protocolos de amostragem e reporte; (ii) integração de abordagens moleculares (eDNA/metabarcoding) com monitoramento tradicional; (iii) avaliação de efeitos subletais e de coquetéis químicos em paisagens agrícolas; (iv) estudos de efetividade de intervenções (faixas floridas, refúgios, redução de risco); e (v) modelagem de cenários climáticos para grupos-chave, considerando microclima e disponibilidade de habitat. Esses avanços são essenciais para subsidiar políticas e orientar práticas sustentáveis com base em evidências.

3 DISCUSSÃO

3.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A DESESTABILIZAÇÃO DA VIDA DOS INSETOS

A relação entre as mudanças climáticas e a dinâmica das populações de insetos é uma das áreas mais ativas da pesquisa ecológica contemporânea. Diversos estudos apontam que as alterações nos regimes de temperatura e precipitação globais têm modificado profundamente os padrões de distribuição geográfica, a fenologia e as interações ecológicas desses organismos. A elevação das temperaturas médias globais influencia diretamente o metabolismo dos insetos, que são organismos ectotérmicos. Temperaturas mais altas podem acelerar seus ciclos de vida, resultando em mais gerações por ano. Embora isso possa parecer benéfico, também pode levar a um esgotamento energético mais rápido e a uma maior demanda por recursos alimentares, que podem não estar disponíveis. O trabalho seminal de Deutsch et al. (2018) modelou como o desempenho térmico dos insetos, quando combinado com o aquecimento projetado, pode ampliar drasticamente as perdas agrícolas associadas a insetos-praga, especialmente em zonas temperadas. Contudo, o estudo de Harvey et al. (2023) reforça uma preocupação ainda maior: a extrema vulnerabilidade de insetos tropicais, que evoluíram em ambientes termicamente estáveis e, portanto, possuem uma faixa de tolerância a variações de temperatura muito mais estreita. Para eles, mesmo pequenos aumentos podem ser letais.

Essas alterações têm efeitos distintos e muitas vezes disruptivos conforme o grupo de insetos. Borboletas e abelhas, por exemplo, coevoluíram ao longo de milhões de anos com as plantas com flores, estabelecendo uma interdependência de alta precisão. A sua sobrevivência depende fortemente da sincronização com os ciclos florais. Mudanças bruscas no regime de chuvas e na sazonalidade das temperaturas podem gerar uma perigosa dessincronização fenológica. Flores podem desabrochar semanas antes da emergência de seus polinizadores específicos, ou vice-versa. Este descasamento temporal compromete a disponibilidade de recursos alimentares (néctar e pólen) para os insetos e, simultaneamente, o sucesso reprodutivo das plantas, podendo levar ao colapso de ambas as populações. Em regiões tropicais de megadiversidade, como a Amazônia e a Mata Atlântica no Brasil, onde a biodiversidade é a mais elevada do planeta e muitas espécies possuem nichos ecológicos extremamente restritos e especializados, pequenas variações climáticas podem significar a perda irreversível de habitats adequados, empurrando espécies endêmicas para a extinção.

Outro aspecto crítico é que as mudanças climáticas podem favorecer a expansão geográfica de insetos-praga e vetores de doenças, aumentando sua distribuição em regiões anteriormente inóspitas. O aquecimento permite que espécies adaptadas a climas mais quentes sobrevivam em latitudes e altitudes mais elevadas. Isso já foi amplamente documentado com o avanço de mosquitos vetores de doenças tropicais, como a dengue (Aedes aegypti), zika e malária (Anopheles), em áreas de maior altitude na América do Sul e na África, antes consideradas livres desses vetores. Da mesma forma, pragas agrícolas, como a broca-do-café (Hypothenemus hampei), encontram condições favoráveis para se estabelecer em novas fronteiras agrícolas. Assim, o impacto das mudanças climáticas sobre os insetos não se restringe à perda de

biodiversidade, mas também se traduz em graves ameaças à saúde pública e à estabilidade da produção agrícola global.

Além dos efeitos graduais, a intensificação de eventos climáticos extremos — secas prolongadas, ondas de calor recordes, incêndios florestais e enchentes devastadoras — afeta diretamente a sobrevivência de insetos em diferentes fases de seu desenvolvimento. As fases imaturas, como ovos, larvas e pupas, são frequentemente as mais sensíveis e menos móveis. Uma onda de calor pode literalmente cozinhar larvas no solo ou em tecidos vegetais, enquanto uma enchente pode afogar populações inteiras de insetos terrestres. Secas prolongadas reduzem a umidade do solo, essencial para muitas espécies, e afetam a qualidade nutricional das plantas hospedeiras. Esses efeitos combinados, que atuam como choques agudos sobre as populações, indicam que o papel das mudanças climáticas, embora não exclusivo, é um fator fundamental e cada vez mais relevante na compreensão do declínio global de insetos.

3.2 O IMPACTO PERVASIVO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

O uso massivo e, por vezes, indiscriminado de pesticidas sintéticos na agricultura moderna é considerado um dos principais fatores diretos do declínio de insetos, especialmente em paisagens agrícolas. Os inseticidas do grupo dos neonicotinoides, por sua natureza sistêmica (são absorvidos pela planta e se expressam em todas as suas partes, incluindo pólen e néctar) e alta toxicidade para insetos, têm recebido atenção especial. Revisões científicas robustas, como as de Quandahor et al. (2024) e a meta-análise de Sánchez-Bayo & Wyckhuys (2019), demonstram de forma conclusiva que o impacto dos pesticidas transcende a mortalidade direta. Os efeitos subletais são igualmente devastadores: comprometimento do sistema imunológico, redução da fertilidade, desorientação espacial, e alterações comportamentais. No Brasil, um dos maiores mercados consumidores de agrotóxicos do mundo, estudos como os de Belchior et al. (2014) e Feltrin (2021) evidenciam impactos significativos sobre abelhas nativas sem ferrão e a africanizada (Apis mellifera), que sofrem com a exposição crônica a um verdadeiro "coquetel" de defensivos aplicados nas grandes monoculturas.

Pesquisas detalhadas em neuroetologia apontam que os pesticidas neonicotinoides atuam nos receptores nicotínicos de acetilcolina no sistema nervoso central dos insetos, podendo comprometer a memória e a capacidade de aprendizado e orientação das abelhas. Isso dificulta drasticamente sua habilidade de realizar a dança que comunica a localização de fontes de alimento e, mais criticamente, impede o retorno seguro às colmeias após a coleta de néctar e pólen. Esse fenômeno de desaparecimento progressivo de operárias tem sido diretamente associado ao chamado Colapso das Colônias de Abelhas (CCD), uma síndrome que dizimou populações de abelhas na América do Norte e na Europa. Outros insetos benéficos, como joaninhas e crisopídeos, que são predadores naturais de pragas como pulgões, também sofrem reduções populacionais drásticas em ambientes com alta carga de defensivos, gerando um desequilíbrio que, paradoxalmente, pode levar a surtos de pragas secundárias e à necessidade de ainda mais aplicações de inseticidas.

O problema se intensifica exponencialmente pela sinergia entre diferentes químicos. As culturas agrícolas são frequentemente tratadas com uma mistura de inseticidas, fungicidas e herbicidas, aplicados em conjunto ou de forma sequencial. Os

efeitos cumulativos e interativos desses "coquetéis" ainda são pouco compreendidos, pois a maioria dos testes de segurança regulatória avalia os ingredientes ativos de forma isolada. Sabe-se, por exemplo, que certos fungicidas podem inibir enzimas que os insetos utilizam para detoxificar inseticidas, tornando uma dose antes subletal em uma dose letal. Além disso, práticas como a aplicação aérea e a ausência de barreiras vegetais (matas ciliares, sebes) ampliam o fenômeno da deriva de pesticidas, que atingem áreas de vegetação nativa adjacentes às lavouras, contaminando ecossistemas inteiros e afetando insetos que não são o alvo direto do controle químico.

Em termos econômicos, a externalidade negativa gerada pelo uso de pesticidas é monumental. Estima-se que o impacto da perda de serviços de polinização causada por esses químicos represente bilhões de dólares anuais em prejuízos à agricultura global, superando em muito os ganhos de produtividade de curto prazo. Essa dura realidade econômica e ecológica reforça a necessidade urgente de uma transição de paradigma, com políticas públicas robustas voltadas ao uso racional e à redução de defensivos, e ao incentivo de alternativas sustentáveis. O manejo integrado de pragas (MIP), que utiliza o controle químico apenas como último recurso, e o rápido desenvolvimento de bioinsumos (produtos baseados em microrganismos e extratos de plantas) são caminhos promissores e essenciais para a sustentabilidade do agronegócio.

3.3 A MORTE POR MIL CORTES: FATORES MULTICAUSAIS E SINERGIAS

É um consenso na comunidade científica que o declínio dos insetos não pode ser atribuído a uma única causa, mas sim à interação complexa e sinérgica de múltiplos fatores de estresse. Além do clima e dos pesticidas, destacam-se a destruição e fragmentação de habitats, a poluição ambiental em suas diversas formas (incluindo luminosa e sonora) e a crescente ameaça das espécies exóticas invasoras. O entomólogo David Wagner (2021) descreveu este fenômeno de forma eloquente como uma "morte por mil cortes", indicando que a soma de múltiplos impactos locais, aparentemente pequenos, resulta em perdas globais em cascata e de enorme significado.

A destruição de habitats é, talvez, o fator mais fundamental. A conversão de florestas, campos nativos e zonas úmidas em áreas agrícolas, pastagens e cidades elimina diretamente os recursos (alimento, abrigo, locais de nidificação) de que os insetos necessitam para sobreviver. A fragmentação, que cria pequenas "ilhas" de habitat natural isoladas em uma matriz hostil, é igualmente prejudicial. Ela isola populações, impede o fluxo gênico, aumenta a endogamia e torna as populações remanescentes extremamente vulneráveis a eventos estocásticos e à extinção local.

A poluição luminosa, um subproduto da urbanização, altera profundamente os padrões de comportamento noturno de diversos insetos. Mariposas, besouros e outros insetos noturnos utilizam a luz da lua e das estrelas para navegação. A iluminação artificial os desorienta, atraindo-os para uma morte certa por exaustão ou predação, e interfere em seus rituais de acasalamento. Já a poluição sonora, proveniente de tráfego e atividades industriais, pode mascarar a comunicação de espécies que utilizam sinais vibracionais ou acústicos, como grilos e cigarras, reduzindo seu sucesso reprodutivo.

Outro fator cada vez mais relevante é a introdução de espécies invasoras, que competem por recursos, predam espécies nativas ou introduzem novas doenças. Um

exemplo emblemático é a introdução de abelhas exóticas para fins comerciais que, ao escaparem, podem competir diretamente com os polinizadores nativos por recursos florais, muitas vezes de forma mais agressiva, levando à diminuição da diversidade de interações ecológicas. Além disso, patógenos e parasitas, como o ácaro Varroa destructor em abelhas melíferas, podem ser transportados globalmente e saltar para populações de insetos nativos que não possuem defesas, causando epidemias devastadoras.

Esse caráter multicausal torna o declínio de insetos um problema ecológico particularmente perverso e difícil de enfrentar, pois exige medidas integradas e interdisciplinares. A interação sinérgica entre mudanças climáticas, práticas agrícolas intensivas, poluição e fatores biológicos cria um cenário de múltiplos estressores que se potencializam mutuamente, empurrando muitas populações de insetos para além de seu ponto de inflexão.

3.4 O CONTEXTO BRASILEIRO: UM PARADOXO ENTRE MEGADIVERSIDADE E AMEAÇAS

O Brasil ocupa uma posição central e paradoxal no debate global sobre o declínio de insetos. Por um lado, o país detém a maior biodiversidade do planeta, com uma entomofauna riquíssima e, em grande parte, ainda não descrita pela ciência. Estima-se que o Brasil abrigue centenas de milhares de espécies de insetos, muitas delas endêmicas. Por outro lado, o país figura entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo e enfrenta altas taxas de desmatamento impulsionadas pela expansão da fronteira agrícola. Estudos nacionais de grande impacto (Lewinsohn et al., 2022; Oliveira Ramos,, 2021) apontam para os impactos severos do modelo agrícola vigente, baseado em vastas monoculturas de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar, que criam "desertos verdes" com baixíssima oferta de recursos para a fauna de insetos. Pesquisas conduzidas pela Embrapa reforçam a urgência de políticas públicas que consigam conciliar a indiscutível importância da produtividade agrícola com a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que a sustentam.

Casos documentados em diversas regiões produtoras, como no Cerrado e no oeste da Bahia, evidenciam quedas expressivas nas populações de abelhas nativas e outros polinizadores, atribuídas à combinação tóxica de defensivos químicos e à escassez crônica de recursos florais em paisagens homogêneas. Além do impacto sobre os polinizadores, insetos aquáticos, como larvas de libélulas e efeméridas, têm sido severamente afetados pela contaminação de rios e córregos com resíduos de agrotóxicos e fertilizantes, comprometendo toda a base das cadeias alimentares aquáticas.

Um dos aspectos mais críticos no Brasil é a escassez de dados de monitoramento de longo prazo, o que dificulta a avaliação precisa das tendências populacionais da maioria dos grupos de insetos. Diferentemente de países da Europa e da América do Norte, onde existem programas de monitoramento contínuo há décadas (alguns baseados em ciência cidadã), o Brasil carece de redes estruturadas e financiadas para acompanhar a biodiversidade de insetos em escala nacional. Essa lacuna de conhecimento, conhecida como "déficit Wallaceano", compromete a formulação de políticas públicas baseadas em evidências e a avaliação rigorosa dos impactos

ambientais de práticas agrícolas, projetos de infraestrutura e das próprias mudanças climáticas.

A fragilidade da legislação ambiental brasileira e dos órgãos de fiscalização, que frequentemente sofrem pressões políticas para flexibilizar licenciamentos e acelerar a liberação de novos defensivos, agrava a situação. A aprovação acelerada de novos agrotóxicos, muitas vezes sem a devida e aprofundada avaliação de riscos para organismos não-alvo, como os polinizadores, contribui para o aumento da exposição dos insetos a substâncias cada vez mais potentes e persistentes no ambiente. Portanto, o contexto brasileiro exige atenção redobrada, tanto pela riqueza biológica única que está em jogo, quanto pela intensidade das pressões antrópicas que ameaçam destruí-la.

3.5 Perspectivas de Conservação: Da Fazenda à Política Global

Apesar da gravidade do cenário, existem estratégias e soluções viáveis para mitigar o declínio de insetos. A implementação dessas estratégias, no entanto, exige uma ação coordenada em múltiplas escalas. No nível da propriedade rural, a adoção do manejo integrado de pragas (MIP) é um primeiro passo fundamental. O MIP preconiza o uso de um conjunto de táticas, incluindo o controle biológico (uso de inimigos naturais), o controle cultural (rotação de culturas, plantio em épocas adequadas) e o uso de variedades resistentes, deixando o controle químico como a última opção. Práticas de agricultura regenerativa e sustentável, como a agricultura sintrópica e os sistemas agroflorestais (SAFs), vão além, promovendo a diversificação de cultivos e a restauração da saúde do solo, criando ambientes que favorecem populações de insetos benéficos. O estudo prospectivo de Datta et al. (2025) evidencia que práticas agrícolas que aumentam a complexidade estrutural e temporal da paisagem, como o escalonamento de cultivos e a manutenção de faixas floridas, podem aumentar significativamente as populações de polinizadores e predadores naturais.

Iniciativas como a manutenção de áreas de refúgio para insetos dentro das propriedades rurais, a restauração de matas ciliares, a construção de corredores ecológicos que conectam fragmentos de vegetação nativa e o estímulo à agroecologia têm se mostrado extremamente eficazes. Essas medidas não apenas conservam a biodiversidade, mas também podem aumentar a resiliência e a produtividade das próprias lavouras a longo prazo. Políticas públicas que incentivem financeiramente os agricultores a adotarem tais práticas, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), são ferramentas fundamentais para escalar essa transição.

Em nível nacional, é imperativo intensificar e financiar programas de monitoramento de insetos, utilizando novas tecnologias como o DNA ambiental (eDNA) e a inteligência artificial para identificação de espécies, de modo a gerar dados confiáveis sobre tendências populacionais. Tais informações são a base para subsidiar ações de conservação mais efetivas e para a criação de listas vermelhas de espécies ameaçadas. A integração entre a ciência produzida nas universidades e institutos de pesquisa, o conhecimento prático dos produtores rurais e a capacidade de formulação de políticas do governo é absolutamente crucial para que as estratégias de mitigação alcancem resultados concretos e duradouros.

No plano internacional, a crise dos insetos demanda uma resposta global. A criação de acordos multilaterais que considerem a conservação de insetos como uma prioridade ambiental, tal como já ocorre com a biodiversidade em geral (Convenção sobre Diversidade Biológica) e o clima (Acordo de Paris), é uma necessidade urgente. É

possível e necessário estabelecer compromissos globais e metas claras para a redução do uso de pesticidas perigosos, a restauração de habitats e o financiamento de pesquisas em países megadiversos. A conservação dos insetos deve ser reconhecida como um pilar central para a manutenção da vida no planeta.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E O CAMINHO A SEGUIR

O declínio global de insetos constitui, sem dúvida, um dos maiores e mais urgentes desafios ambientais contemporâneos. Esta revisão aprofundada demonstrou que, embora as mudanças climáticas exerçam um papel crescente e sistêmico, fatores mais diretos como o uso desordenado de defensivos agrícolas e a contínua perda e degradação de habitats naturais se destacam como os principais vetores da crise, sobretudo no contexto de nações agrícolas como o Brasil. A compreensão do fenômeno exige uma abordagem integrada e transdisciplinar, que considere a sinergia entre múltiplos estressores ambientais e que promova ativamente a adoção de práticas agrícolas verdadeiramente sustentáveis. Há, ainda, lacunas significativas de conhecimento, sobretudo em estudos de longo prazo e em ecossistemas tropicais, que precisam ser urgentemente supridas para embasar políticas públicas eficazes e justas.

Além disso, é fundamental reconhecer que a questão transcende o campo estritamente científico e adentra o âmago das esferas social, política e econômica. O declínio dos insetos é uma ameaça direta e palpável à segurança alimentar, à estabilidade da economia agrícola e ao equilíbrio funcional de todos os ecossistemas terrestres e de água doce. Portanto, a solução para este problema complexo exige não apenas mais investimentos em pesquisa e monitoramento, mas também mudanças estruturais profundas nos nossos modelos de produção, consumo e valoração da natureza. A promoção de sistemas agrícolas mais diversos, resilientes e menos dependentes de insumos químicos sintéticos é um passo essencial para conciliar a necessária produção de alimentos com a conservação ambiental.

No contexto brasileiro, o desafio é magnificado pela forte dependência econômica do agronegócio e pelo uso intensivo de agrotóxicos. Contudo, essa mesma realidade oferece uma oportunidade única: o Brasil pode e deve aspirar a se tornar uma referência mundial em agricultura tropical sustentável, caso invista de forma estratégica em inovação tecnológica, bioeconomia, manejo integrado de pragas e políticas de incentivo à agroecologia e à restauração florestal. A proteção de polinizadores e a valorização dos serviços ecossistêmicos prestados pelos insetos devem ser incorporadas como componentes centrais da estratégia nacional de desenvolvimento, e não como um obstáculo a ele.

Em escala global, a cooperação internacional e a responsabilidade compartilhada desempenham um papel crucial. A troca transparente de dados, o fortalecimento de redes de monitoramento globais e a elaboração de acordos ambientais que coloquem a conservação de insetos como prioridade são medidas indispensáveis. A crise dos insetos, por ser multifatorial e transfronteiriça, só poderá ser enfrentada de forma eficaz se houver um engajamento coletivo e genuíno entre governos, setor privado, sociedade civil, agricultores e cientistas.

Assim, o futuro da biodiversidade, da nossa segurança alimentar e da própria humanidade dependerá da nossa capacidade coletiva de reconhecer a importância vital

dos insetos e agir de forma responsável, corajosa e coordenada para sua preservação. O desafio é enorme e complexo, mas igualmente imensa é a oportunidade de transformar nossas práticas agrícolas, nossos modelos econômicos e nossas políticas ambientais em direção a um planeta mais equilibrado, justo, resiliente e sustentável.

REFERÊNCIAS

BELCHIOR, D. C. V. et al. **Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana.** Embrapa, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164063/1/Impactos-de-agrotoxicos-sobre-o-meio-ambiente.pdf>.

CHATTOPADHYAY, A. et al. **Pesticide Mediated Critical Transition in Plant- Pollinator Networks.** 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2303.08495>.

DALTON, R. L. et al. Long- term declines in insect abundance and biomass in a changing climate. **Ecosphere**, v. 14, n. 5, 2023. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecs2.4620>.

DATTA, A. et al. Temporally staggered cropping co- benefits beneficial insects and pest control globally. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2509.16284>.

DEUTSCH, C. A. et al**. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. Science**, v. 361, 2018. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aat3466>.

DONKERSLEY, P. **Global insect decline is the result of wilful political failure. People and Nature**, 2022. Disponível em: <https://hau.repository.guildhe.ac.uk/id/eprint/17980/1/S%20Segar%20Global%20insect%20decline.%20UPLOAD.%20OCR.pdf>.

FELTRIN, B. C. A relação do uso de agrotóxicos e o desaparecimento das abelhas. **Revista Valore**, v. 6, n. 1, 2021. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/download/803/556/2247>.

GÁNDARA, L. et al. Pervasive sublethal effects of agrochemicals on insects at landscape scale. **Science**, 2024. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.ado0251>.

GEBREMARIAM, G. H. A systematic review of insect decline and discovery: trends, drivers and conservation strategies over the past two decades. **Psyche: A Journal of Entomology**, 2024, Artigo 5998962. DOI: 10.1155/2024/5998962. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2024/5998962. Acesso em: 28 fev. 2026.

HANSEN, L. S. et al. The unpaved road towards efficient selective breeding in insects for food and feed: a review. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 173, n. 6, p.

498–521, 2025. DOI: 10.1111/eea.13526. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eea.13526. Acesso em: 28 fev. 2026.

HARVEY, J. A. et al. Scientists' warning on climate change and insects. **Ecological Monographs**, v. 93, n. 1, e1553, 2023. DOI: 10.1002/ecm.1553. Disponível em: https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecm.1553. Acesso em: 28 fev. 2026.

GREVÉ, M. E. et al. Insect decline—Evaluation of potential drivers of a complex phenomenon. **Insects**, v. 15, n. 12, 1021, 2024. DOI: 10.3390/insects15121021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-4450/15/12/1021. Acesso em: 28 fev. 2026.

LEWINSOHN, T. M. et al. Insect decline in Brazil: an appraisal of current evidence. **Biology Letters**, v. 18, n. 8, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9399695/>.

MARTELLI, F. et al. Dispatch Agrochemicals: Insect declines in a warming world. **Current Biology**, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960982224015896>.

OLIVEIRA RAMOS, T. O uso de agrotóxicos e o impacto nas populações de insetos. **Journal Interdisciplinar de Direito**, 2021. Disponível em: <https://www.periodicojs.com.br/index.php/jid/article/download/532/426/2253>.

QUANDAHOR, P. et al. Effects of Agricultural Pesticides on Decline in Insect Species and Individual Numbers. **Environments**, v. 11, n. 8, 182, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3298/11/8/182>.

RICO, A. et al. **Ecological risk assessment of pesticides in urban streams. Chemosphere**, v. 292, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521032938>.

SÁNCHEZ- BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8–27, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320718313636>.

SUKKAR, A. et al. Insect Declines in the Anthropocene: Historical Parallels and Emerging Drivers. **Insects**, v. 16, n. 8, 841, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/16/8/841>.

UK PARLIAMENT. POST-PB-0036. Understanding insect decline: data and drivers. **Parliamentary Office of Science and Technology**, 2022. Disponível em: <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PB-0036/POST-PB-0036.pdf>.

VAN DER SLUIJS, J. P. et al. Insect Decline, an emerging global environmental risk. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 46, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343520300671>.

VAN DEYNZE, M. et al. Insecticides, more than herbicides, land use, and climate, are primary drivers of insect declines. **PLoS ONE**, 2024. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0304319>.

WAGNER, D. L. Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. **PNAS**, v. 118, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2023989118>.

WAGNER, David L. Insect Declines in the Anthropocene. **Annual Review of Entomology**, 2020. Disponível em: <https://entomology.rutgers.edu/graduate/docs/papers/Wagner2020InsectDeclinesAnthropocene.pdf>.

ZILIOTTO, M. et al. **Pesticide Pollution in the Brazilian Pampa: Detrimental Impacts on Ecosystems and Human Health in a Neglected Biome. Pollutants**, v. 3, n. 2, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4672/3/2/20>.

GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810–821, 2009. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.06.014. Acesso em: 28 fev. 2026.

IPBES. The assessment report on pollinators, pollination and food production. **Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**, 2016. Acesso em: 28 fev. 2026.

BPBES. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**, 2019. Disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/03/BPBES_CompletoPolinizacao-2.pdf. Acesso em: 28 fev. 2026.