

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE AQUIDAUANA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MATHEUS FONSECA LOPES

**ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE CARGA POLÍNICA: LACUNAS E
TENDÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof.(a) Dr. Rogério Rodrigues Faria

AQUIDAUANA-MS
2025

MATHEUS FONSECA LOPES

ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE CARGA POLÍNICA: LACUNAS E TENDÊNCIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, como exigência do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do prof. Rogério Rodrigues Faria

AQUIDAUANA-MS
2025

FOLHA DE APROVAÇÃO

MATHEUS FONSECA LOPES

ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE CARGA POLÍNICA: LACUNAS E TENDÊNCIAS

Dissertação/Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, como exigência do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do prof. Rogério Rodrigues Faria

Resultado:

Aquidauana-MS: _____ de _____ 2025

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Rogério Rodrigues Faria
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Me. Magno Sá de Souza
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Dra Nayara Fernanda Lisboa Garcia
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

RESUMO: Estudos envolvendo o pólen e a reprodução das plantas auxiliam na compreensão sobre a coevolução das plantas com os agentes polinizadores. Do ponto de vista funcional, a atuação dos polinizadores e o transporte de pólen entre as flores ainda é pouco explorado, sobretudo em regiões tropicais. O objetivo deste trabalho é analisar a produção científica sobre carga polínica. O banco de dados foi elaborado através de buscas na plataforma “Scopus” em 13 de abril de 2023 utilizando as palavras-chave “pollen load”. Os dados obtidos foram salvos em um banco de dados no formato de arquivo bibtex. Para as análises foi empregado o software R, pelo pacote bibliometrix. Em todas elas foram utilizadas como unidade exploratória os resumos (Abstracts). Ao todo foram amostrados 598 artigos, que dataram de 1955 a 2023. Verificou-se tendências crescentes sobre o tema carga polínica em termos de: diversidade de temas, número de colaborações entre autores e instituições, diversidade de periódicos e diversidade de autores. Destaca-se também a proeminência de estudos científicos com enfoque ecológico-evolutivo.

Palavras-chave: polinização, interação planta-animal, mutualismo.

ABSTRACT: Studies involving pollen and plant reproduction contribute to the understanding of the coevolution between plants and pollinating agents. From a functional perspective, the role of pollinators and pollen transport between flowers is still underexplored, especially in tropical regions. The objective of this study is to analyze the scientific production on pollen load. The database was compiled through searches on the “Scopus” platform on April 13, 2023, using the keywords “pollen load.” The data obtained were saved in a BibTeX-format database. Analyses were performed using R software, through the bibliometrix package. In all analyses, abstracts were used as the exploratory unit. A total of 598 articles were sampled, ranging from 1955 to 2023. An increasing trend on the topic of pollen load was observed in terms of theme diversity, number of collaborations between authors and institutions, journal diversity, and author diversity. The prominence of scientific studies with an ecological-evolutionary focus is also noteworthy.

Keywords: pollination, plant-animal interaction, mutualism.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	7
OBJETIVO	8
METODOLOGIA	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
CONCLUSÃO	12
REFERÊNCIAS	12

INTRODUÇÃO

A polinização é o mecanismo pelo qual as plantas realizam reprodução sexuada. É estimado que 90% das angiospermas atuais contam com a polinização realizada por vetores bióticos (Kearns et al. 1998). Este mecanismo é essencial para o funcionamento e manutenção em longo prazo dos ecossistemas naturais e para a manutenção da diversidade biológica (Eardley et al., 2006). A reprodução das angiospermas envolve diversas adaptações estruturais e funcionais que aumentam a eficiência da polinização e da fecundação. A carga polínica é a quantidade de grãos de pólen transportados e depositados pelos agentes polinizadores constitui um dos fatores cruciais para a eficiência do processo de polinização. Este parâmetro influencia diretamente o êxito reprodutivo das angiospermas, uma vez que o número de grãos de pólen depositados no estigma de uma flor determina as chances de fecundação e a viabilidade das sementes formadas (Herrera, 2004; Aizen & Harder, 2007). O êxito reprodutivo dessas plantas depende, em grande medida, da interação com polinizadores específicos, o que resultou no desenvolvimento de estratégias florais variadas para atrair esses agentes (Faegri & van der Pijl, 1979). Além disso, a ampla gama de sistemas reprodutivos, como a capacidade de autopolinização e a reprodução cruzada, impacta diretamente a diversidade genética das populações vegetais (Barrett, 2002). Os agentes bióticos, como abelhas, borboletas, morcegos e pássaros, desempenham um papel fundamental no transporte do pólen entre flores da mesma espécie, aumentando as probabilidades de fecundação e formação de sementes viáveis. Dentre os principais polinizadores, as abelhas se destacam por sua relevância, sendo responsáveis pela polinização de diversas culturas agrícolas e espécies nativas (Klein et al., 2007). A relação entre plantas e polinizadores é extremamente vulnerável a distúrbios ambientais, como a fragmentação de ecossistemas e o uso de defensivos agrícolas, fatores que podem reduzir a eficácia da polinização e, conseqüentemente, afetar a reprodução das angiospermas (Potts et al., 2010).

Os agentes polinizadores involuntariamente carregam os grãos de pólen entre as diferentes espécies vegetais e a carga presente no agente polinizador vai variar de acordo com a disponibilidade do recurso e sua quantidade (Faria & Araujo, 2015). Outro fator que varia são os próprios agentes, dependendo da estrutura corporal altera os fatores que auxiliam na fixação do pólen. A quantidade de pólen transportada tem um papel essencial na reprodução vegetal, impactando diretamente a taxa de sucesso na fecundação e na geração de sementes viáveis. O volume de pólen que chega ao estigma pode diferir conforme a eficácia do agente polinizador, a estrutura da flor e a disputa entre os grãos de pólen para fertilizar os óvulos (Harder & Wilson, 1998).

Há um interesse particular sobre polinização em ambientes sob interferência humana, pela oportunidade de se compreender as variações nas estratégias ecológicas e evolutivas envolvidas nas relações planta-polinizador (Aizen, 2007). Além do mais, possibilita intervenções, como o manejo orientado à sustentabilidade das atividades produtivas (Brosi et al. 2007; Harmon et al. 2011). A destruição dos habitats e a fragmentação das florestas podem reduzir a oferta de recursos florais e a conexão entre populações vegetais, resultando na queda da eficiência da polinização e, conseqüentemente, na menor produção de sementes e frutos (Aguilar et al., 2006). Além disso, a introdução de espécies não nativas, tanto de plantas quanto de polinizadores, pode alterar as interações ecológicas, gerando competição com espécies locais e modificando a dinâmica dos ecossistemas (Traveset & Richardson, 2006). A análise crítica de trabalhos acadêmicos sobre carga polínica serve para aprofundar o entendimento das complexas interações ecológicas entre plantas e seus polinizadores. Estudos desse tipo podem revelar padrões de especialização ou generalização nas redes de polinização, identificar espécies-chave para a manutenção da biodiversidade e orientar

políticas de conservação baseadas em evidências científicas (Kearns & Inouye, 1997; Ollerton et al., 2011).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar artigos científicos sobre carga polínica, identificando lacunas e tendências na produção científica mundial.

METODOLOGIA

O banco de dados foi feito através de uma coleta de artigos na plataforma “Scopus” devido ela ser uma plataforma conhecida e amplamente utilizada e compatível com o software R . Nela foi usado os termos de busca “Pollen load”, no dia 13 de abril de 2023. Os artigos datam desse o início da série até 13 de abril de 2023. Após essa primeira etapa, o banco de dados foi salvo no formato de arquivo bibtex e posteriormente uso do software R, pelo pacote bibliometrix. Foram analisados somente os documentos classificados como artigos científicos. Para todas as análises aplicadas utilizamos como unidade exploratória os resumos das publicações (Abstracts). A partir do banco de dados efetuamos as seguintes análises: Produção científica anual (Annual Scientific Production), Média de citações por ano (Average Citations per Year), Documentos mais citados globalmente (Most Global Cited Documents), Países dos autores correspondentes (Corresponding Author’s Countries), Fontes mais relevantes (Most Relevant Sources), Árvore de palavras (Treemap).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O banco de dados referenciados pela figura 1 possui um total de 1936 artigos científicos, sendo identificados com “excelência” e “bons” pelo bibliometrix somente 598 artigos científicos. Os campos que não foram analisados de forma excelente reduzem as análises específicas gerando lacunas nos status do banco de dados.

Completeness of bibliographic metadata

Metadata	Description	Missing Counts	Missing %	Status
AU	Author	0	0.00	Excellent
SO	Journal	0	0.00	Excellent
PY	Publication Year	0	0.00	Excellent
TI	Title	0	0.00	Excellent
TC	Total Citation	0	0.00	Excellent
DT	Document Type	1	0.05	Good
AB	Abstract	18	0.93	Good
C1	Affiliation	26	1.34	Good
RP	Corresponding Author	26	1.34	Good
DI	DOI	154	7.95	Good
DE	Keywords	388	20.04	Poor
CR	Cited References	1936	100.00	Completely missing
ID	Keywords Plus	1936	100.00	Completely missing
LA	Language	1936	100.00	Completely missing
NR	Number of Cited References	1936	100.00	Completely missing
WC	Science Categories	1936	100.00	Completely missing

Figura 1. Banco de dados, com as unidades exploratórias operantes no software R utilizando o pacote bibliometrix.

A Figura 2 apresenta a análise da produção científica anual. Nota-se que de 1965 adiante houve um crescimento com pequenas oscilações. Em 2023 temos uma queda brusca devido o ano não ter se encerrado durante a pesquisa.

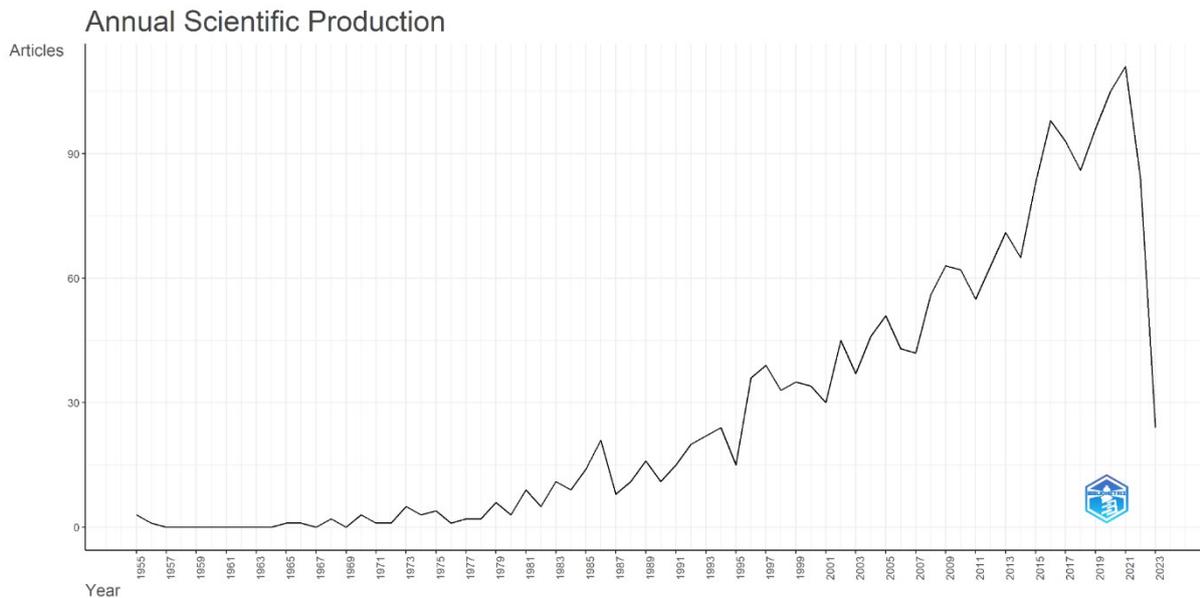


Figura 2. Produção científica anual sobre carga de pólen.

As citações dos artigos trazidas na Figura 3, a respeito de carga polínica, oscila de forma não harmônica sem padronização, com elevação e decaimento constantes, mas desde 1999, as citações mantêm picos elevados seguidos de quedas, mas de 2015 a 2017 as citações são elevadas. No período entre 1975 a 1995 tem um indicativo que os artigos começam a ser mais referenciados, sugerindo maior impacto e relevância do tema, entre 2007-2015 a média de citações por artigo alcança valores superiores a 2 citações por ano, possivelmente um período de produção visível e consolidado a respeito do tema.

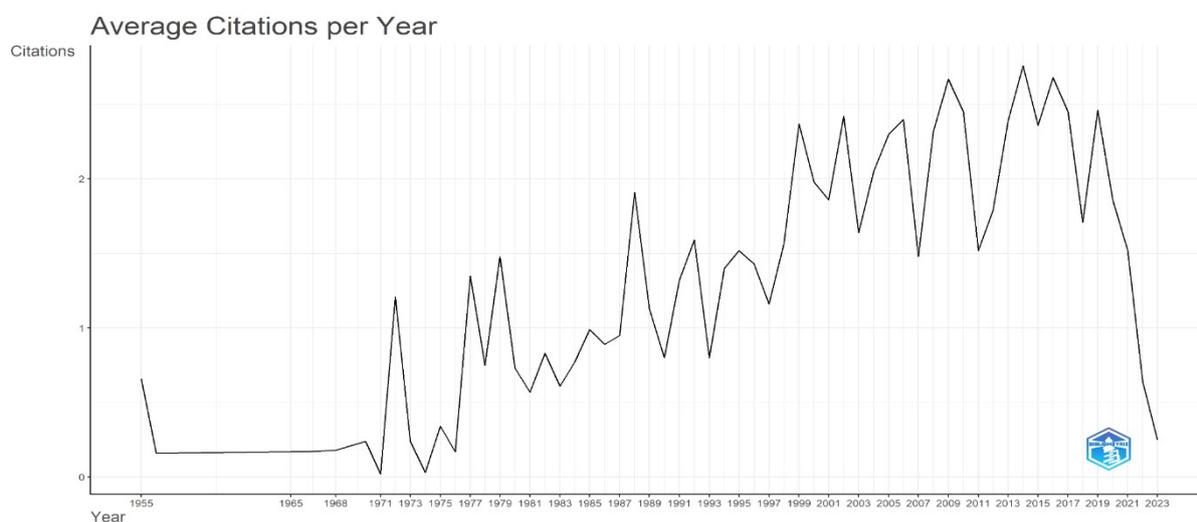


Figura 3. Média de citações dos artigos que tratam sobre carga polínica de 1955 até abril de 2023.

Herrera (1988) foi um dos documentos mais citados com mais de 300 citações, seu artigo trata da ecologia evolutiva das interações planta-polinizador. Herrera explora padrões de especialização e coevolução, utilizando uma abordagem comparativa em sistemas naturais. É considerado um trabalho seminal por estabelecer bases para o entendimento ecológico das redes de polinização. Enquanto entre o ranking dos 10 documentos mais citados, o último colocado foi Fewell (2004) com 12, gerando uma grande assimetria entre os documentos mais citados (Figura 4).

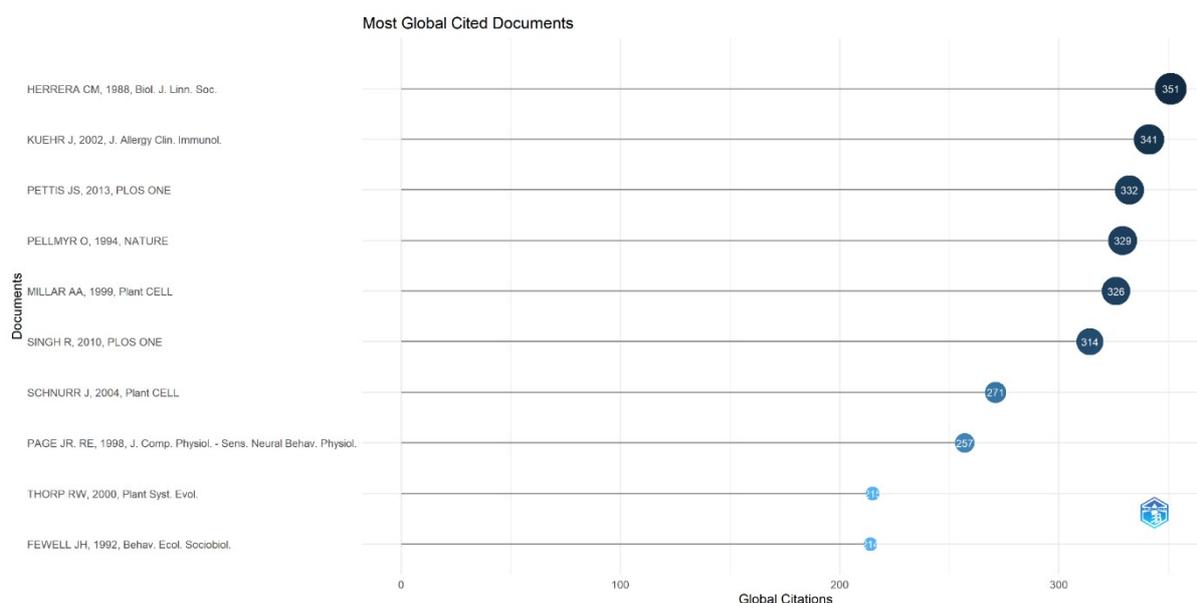


Figura 4. Top 10 documentos mais citados.

A maior parte das publicações dos Estados Unidos da América parece ser de autoria única (SCP - Single Country Publications), com menor colaboração internacional retendo mais pesquisas em seu meio acadêmico, China e Canadá aparecem em seguida, mostrando também forte impacto de produção científica, mas com um percentual maior de colaboração entre os pesquisadores nos artigos. Alemanha, França, Reino Unido e Espanha possuem uma participação expressiva e estável entre publicações nacionais (SCP) e internacionais (MCP). Brasil, Índia, Argentina e África do Sul tem um percentual de publicações que indicam um crescimento de trabalhos científicos com integração global (Figura 5).

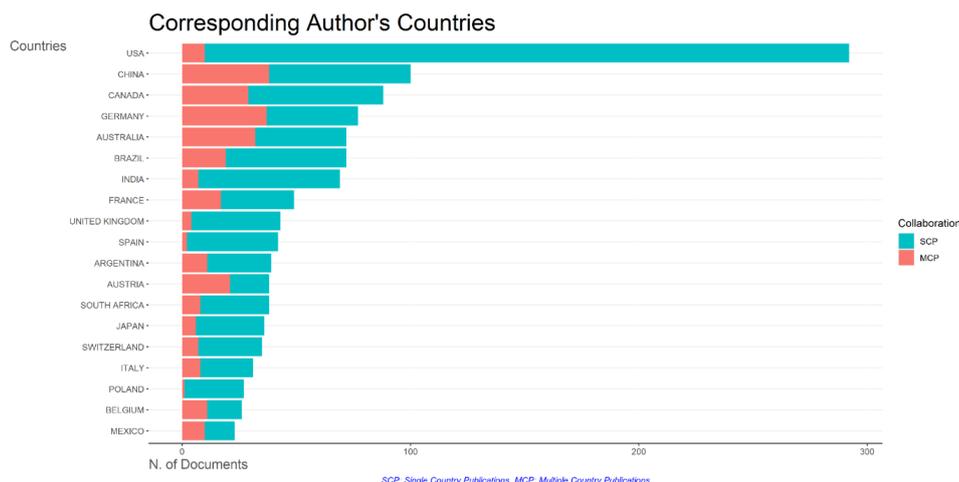


Figura 5. Países de pesquisadores correspondentes.

Entre os meios de comunicação e divulgação mais citados estão as revistas de botânica, devido ao centro do tema de polinização (Figura 6). O *American Journal of Botany* publica artigos originais sobre todos os aspectos das plantas, incluindo fisiologia, ecologia, genética, sistemática, evolução e morfologia. É conhecida por sua abordagem rigorosa e ampla cobertura temática, sendo uma referência importante para pesquisadores da área. A *Annals of Botany* é conhecida por publicar estudos internacional que cobre pesquisa em biologia vegetal, com foco em fisiologia vegetal, ecologia, evolução e biotecnologia. *Journal of Apicultural Research* (41 documentos) publica trabalhos sobre biologia, comportamento, doenças, genética, manejo e conservação das abelhas.

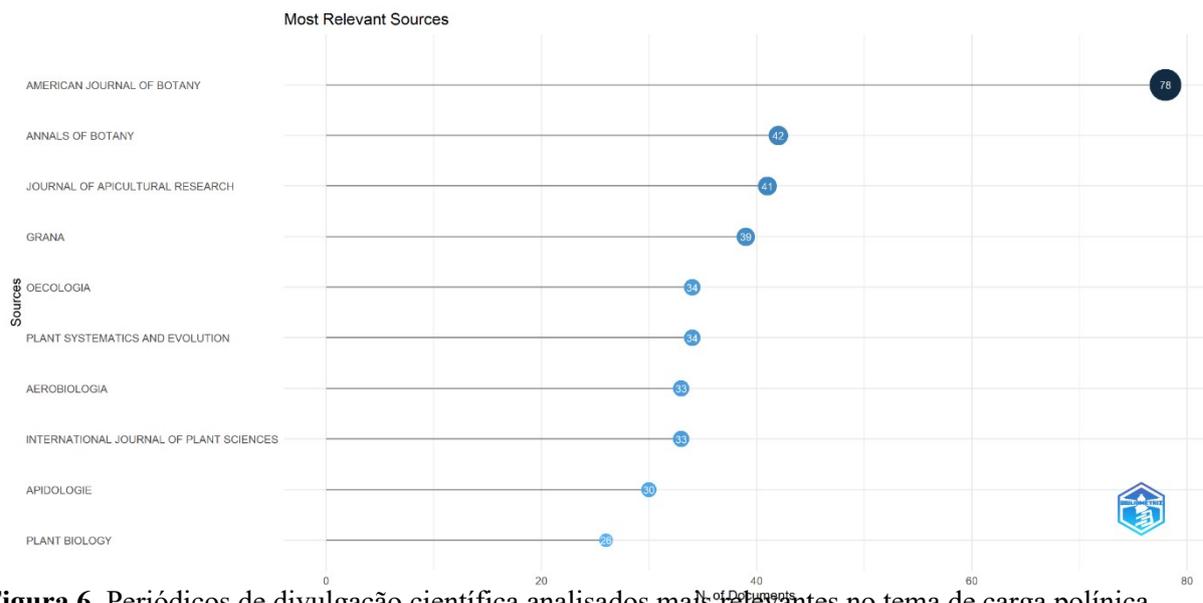


Figura 6. Periódicos de divulgação científica analisados mais relevantes no tema de carga polínica.

O treemap, apresenta Pollen (pólen) sendo o termo com maior destaque, representando 21% do total, demonstrando que entre os trabalhos analisados ela se mantém presente como termo central. Entre outros termos Species (espécies), flowers (flores) e pollination (polinização) aparecem com frequência significativa, unindo a questão de carga polínica nos estudos, sendo conectados esses termos com a pesquisa a qual foram analisados. Loads (carga), size (tamanho) e results (resultados) são termos frequentes em trabalhos sobre carga polínica, foco dessa revisão. A figura 7 ainda abrange os termos de tendências emergentes ou áreas de concentração temática dos artigos analisados identificando os principais tópicos de forma facilitada. (Figura 7).



Figura 7. Quadro com a frequência das palavras chaves dos artigos amostrados.

CONCLUSÃO

A carga de pólen tem seu aumento de interesse dentro da comunidade acadêmica. O termo mais recorrente nas publicações foi *pollen* (pólen), seguido por *species* (espécies) e *flowers* (flores), o que reforça o foco dos estudos na interação entre plantas e agentes polinizadores. A continuidade das pesquisas na área poderá contribuir para um entendimento mais aprofundado dos fatores que influenciam a carga polínica e para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis que garantam a preservação desses processos ecológicos essenciais.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M. A. Direct and indirect effects of habitat fragmentation on pollination and plant reproduction. In: *Ecological studies*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. p. 155-176.
- AGUILAR, R. et al. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology letters*, v. 9, n. 8, p. 968-980, 2006.
- BARRETT, S. C. H. The evolution of plant sexual diversity. *Nature Reviews Genetics*, v. 3, n. 4, p. 274-284, 2002.
- BROSI, B. J. et al. Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecological Applications*, v. 17, n. 2, p. 418-430, 2007.
- EARDLEY, C. et al. *Pollinators and pollination: a resource book for policy and practice*. Nairobi: African Pollinator Initiative, 2006.
- FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. *The principles of pollination ecology*. 3. ed. Oxford: Pergamon Press, 1979.
- FARIA, M. L.; ARAUJO, F. P. The role of pollinators in ecosystems: a review. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 38, n. 3, p. 561-574, 2015.
- HARDER, L. D.; WILSON, W. G. Theoretical consequences of heteranthery for floral function and evolution. *American Naturalist*, v. 151, n. 4, p. 362-376, 1998.
- HARMON, J. P. et al. Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*, v. 14, n. 9, p. 957-965, 2011.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 29, p. 83-112, 1998.
- KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.
- TRAVESET, A.; RICHARDSON, D. M. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 21, n. 4, p. 208-216, 2006.