



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

Tendência na Modelagem de Distribuição de Espécies para Abelhas com foco no Semiárido: Revisão Bibliométrica

Marco Daniel Medeiros Lima¹; Willian Moura de Aguiar²

1. Marco Daniel Medeiros Lima, PROBIC/UEFS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, e-mail: mdanielmedeiroslima@gmail.com

2. Willian Moura de Aguiar, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, e-mail: willianaguiar@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: uma; duas; três

INTRODUÇÃO

Em meio à crise da biodiversidade e às mudanças climáticas, a conservação de polinizadores, especialmente abelhas, torna-se urgente, dado seu papel crucial na polinização de espécies nativas e cultivos agrícolas, garantindo segurança alimentar e funcionalidade ecossistêmica. Ambientes áridos e semiáridos, apesar de sua relevância e vulnerabilidade, ainda são negligenciados nos estudos de modelagem de distribuição de espécies (SDM), aprofundando lacunas no entendimento de como as mudanças climáticas e a fragmentação de habitat afetam essas espécies (WIENS et al., 2010; PETERSON; SOBERÓN, 1999). Este estudo utiliza a base Scopus para analisar como a modelagem de distribuição tem sido aplicada a abelhas, com foco na representação de regiões áridas e semiáridas, no uso de dados públicos e de ciência cidadã (como GBIF), e nas ferramentas e métodos de validação mais frequentes. Além disso, busca-se avaliar como a SDM pode contribuir para estratégias de conservação em cenários de mudanças climáticas e de perda de habitat, destacando a importância de dados abertos e participativos para superar limitações amostrais e espaciais. O trabalho visa, assim, mapear tendências metodológicas e identificar oportunidades para pesquisas mais inclusivas, representativas e aplicadas à conservação de polinizadores em regiões sob risco climático.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Nossa pesquisa é fundamentada na base de dados Scopus, um recurso bibliográfico abrangente que cobre uma ampla gama de literatura científica em diversas áreas do conhecimento. Lançada em novembro de 2004, a Scopus oferece dados de análise de citações desde 1996, permitindo uma visão detalhada da produção científica global. Com um acervo que ultrapassa 53 milhões de referências publicadas em mais de 24.000 periódicos científicos, a plataforma se destaca pela sua capacidade de reunir informações de forma abrangente e integrada.

O sistema baseado na web da Scopus é equipado com diversas ferramentas para buscas bibliográficas eficientes e objetivas, atendendo tanto a consultas simples quanto a pesquisas mais avançadas. Essas ferramentas facilitam a recuperação rápida e consistente de informações, permitindo uma análise abrangente de tendências científicas, colaborações internacionais e evolução de temas de pesquisa ao longo do tempo.

Devido a essas funcionalidades, a Scopus foi escolhida como a principal fonte de literatura para este estudo, pois oferece uma cobertura robusta e confiável, essencial para uma compreensão aprofundada sobre a modelagem de distribuição de espécies (SDM) aplicada a abelhas.

Realizamos uma revisão bibliométrica com o objetivo de mapear a produção científica relacionada à modelagem de distribuição de espécies de abelhas. Para a busca, utilizamos a base de dados Scopus, aplicando a seguinte string de pesquisa:

```
("bee") AND ("specie distribution" OR "specie distribution model" OR "specie* model*" OR "niche* model*" OR "ecologic* niche" OR "ecologic* niche*" OR "specie* distribution models" OR "sdm" OR "enm" OR "environmental niche model*" OR "environmental model" OR "habitat suitability modeling" OR "habitat model" OR "environmental favourability" OR "climatic niche model" OR "bioclimatic niche model") AND PUBYEAR > 1961 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO(SRCTYPE, "j")) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar"))**
```

Essa string foi elaborada para identificar artigos publicados entre 1962 e 2024, com o objetivo de abranger um período extenso da produção científica sobre o tema. Para garantir maior precisão nos resultados, excluímos artigos de revisão e restringimos a busca a artigos científicos publicados em periódicos.

Durante a fase sistemática, analisamos aproximadamente 10% dos artigos mais citados por década identificados nas etapas de triagem. Esses dados foram cuidadosamente extraídos por meio da revisão detalhada de cada artigo selecionado, com todas as informações coletadas diretamente dos textos originais. As perguntas utilizadas foram: 1) Qual programa foi usado para modelar? 2) O modelo é de previsão? 3) Quais variáveis ambientais/ecológicas foram consideradas no modelo? 4) O modelo foi validado? 5) Quais cenários? 6) Anos de Projeção Variáveis Bioclimáticas. 7) Tipo de validação. 8) 9) Quais espécies foram modeladas? 10) Área de estudo 11) O estudo foi realizado para regiões áridas e semiáridas? 12) O estudo utilizou dados de monitoramento participativo ou ciência cidadã?

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A análise dos trabalhos de modelagem de distribuição de abelhas revela padrões claros quanto aos táxons estudados, métodos utilizados e lacunas geográficas e temáticas na literatura. O táxon *Bombus* é o gênero mais representado nos trabalhos de modelagem com abelhas, aparecendo em 39,4% do total de artigos analisados. Também apresenta a maior diversidade de espécies amostradas, com 180 espécies, contrastando com o segundo táxon mais frequente, a tribo Megachilini, com representação de 15,7% nos artigos, mas com apenas 9 espécies. Os trabalhos que não especificaram as espécies, utilizando apenas a categoria "abelhas", também ocupam a segunda posição, com a

mesma proporção. Logo atrás, aparecem os gêneros *Osmia*, *Centris*, *Melipona*, *Xylocopa* e *Apis*, que aparecem apenas três vezes nos 38 artigos.

Importante notar que, dentro da análise, quatro artigos focaram em espécies invasoras potencialmente prejudiciais à diversidade de abelhas, como *Galleria mellonella* (traças), *Vespa mandarina* e *Vespa velutina nigrithorax*, que aparecem duas vezes. Os artigos que trataram de abelhas associadas a outros polinizadores compõem 13% dos estudos analisados. Os resultados evidenciam a ausência de foco em áreas áridas ou semiáridas, que não aparecem em 78,9% dos artigos, representando uma lacuna significativa, uma vez que esses ambientes enfrentam altos riscos de degradação climática e são habitats de espécies adaptadas a condições extremas (Hegland et al., 2009; Wang et al., 2022).

A linguagem R foi o ambiente analítico predominante, utilizado em 57,9% dos estudos. O algoritmo MaxEnt foi o método de modelagem mais popular, implementado em 31,6% dos artigos. Pacotes do R para modelagem ecológica, como biomod2 (23,7%), randomForest (18,4%), vegan (10,5%) e gbm (10,5%), foram amplamente adotados, indicando a preferência por modelos de ensemble e machine learning. A diversidade de ferramentas foi notável, com mais de 50 pacotes e softwares especializados identificados, desde ferramentas filogenéticas (como RAxML e MrBayes) até plataformas de análise bayesiana (como WinBUGS).

De acordo com Vasconcelos et al. (2024), apesar do crescimento exponencial na pesquisa de modelagem de distribuição de espécies nas últimas décadas, ainda há uma escassez significativa de estudos direcionados a ambientes áridos e semiáridos. Essa insuficiência constitui um desafio urgente, dado que esses ecossistemas não apenas sustentam espécies unicamente adaptadas a condições extremas, mas também enfrentam ameaças aceleradas de degradação ambiental.

Dos estudos que fazem predição de mudanças na distribuição das espécies (55,2%), a maior parte (76,3%) apresentou modelos validados, demonstrando cuidado metodológico que reforça a confiança nos resultados. Esse rigor é importante em previsões de longo prazo, onde modelos robustos são cruciais. Apenas 39,5% desses artigos fazem projeções para cenários futuros, sendo que a maior parte (60%) utilizou dois cenários do IPCC, tipicamente contrastando um cenário de baixas emissões (RCP 4.5/SSP2) com um de altas emissões (RCP 8.5/SSP5). A utilização de quatro cenários aparece logo em seguida, mas representa apenas um terço da utilização mais frequente. Os horizontes temporais de 2050 e 2070 foram os mais comuns, enquanto 2080 e 2100 apareceram com menor frequência.

Levando em conta a coleta dos 10% dos artigos mais citados para seleção, muitos trabalhos não fazem projeções futuras (60,5%). Isso evidencia que um trabalho pode usar um modelo de predição para projetar a distribuição atual de uma espécie ou até histórica (36%). O modelo tem capacidade de previsão, mas não tem o objetivo de fazer projeções para o futuro. Para validação de modelos, as métricas mais frequentes foram Validação Cruzada (36,8%), AUC (34,2%) e TSS (28,9%), demonstrando uma abordagem robusta e multivariada para avaliação de desempenho. A comparação entre modelos e o uso de critérios de informação como AICc (13,1%) também foram práticas comuns.

A proporção do uso de variáveis bioclimáticas é equilibrada na amostra: 47,3% dos trabalhos utilizam, enquanto 52,6% não utilizam. Dentre as variáveis bioclimáticas mais

utilizadas, destacam-se precipitação anual (Bio12), temperatura média anual (Bio1), isothermalidade (Bio3) e sazonalidade da temperatura (Bio4). No entanto, 43,8% dos artigos integraram variáveis de uso e cobertura do solo, e outros 43,8% incluíram variáveis bióticas (como distribuição de plantas hospedeiras e recursos florais), indicando uma tendência crescente em modelos mais complexos que capturam interações ecológicas e pressões antrópicas.

Por fim, é interessante notar que 36,8% dos artigos utilizaram dados de monitoramento participativo ou ciência cidadã. O crescimento na utilização desses dados é observado a partir de 2018, principalmente provenientes de plataformas como o GBIF, que reúne dados públicos de fontes diversas. Esses dados são utilizados sozinhos ou associados a coletas e outros dados de presença e ausência georreferenciados. Essa tendência crescente de integrar a pesquisa científica com o engajamento comunitário não apenas facilita a coleta de dados em larga escala, como também sensibiliza o público sobre a importância da conservação das abelhas e seu papel crucial como polinizadoras (Kremen et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Os resultados deste estudo destacam a predominância do gênero *Bombus* como modelo preferencial em pesquisas de modelagem de distribuição de abelhas, refletindo tanto sua relevância ecológica quanto a disponibilidade de dados. No entanto, a forte assimetria na representação de táxons com poucas espécies estudadas em grupos menos frequentes revela uma significativa lacuna taxonômica e geográfica, especialmente em regiões áridas e semiáridas, que permanecem subexploradas apesar de sua vulnerabilidade às mudanças climáticas.

Do ponto de vista metodológico, consolida-se o uso da linguagem R e de algoritmos como MaxEnt e ensemble models, com crescente incorporação de variáveis ambientais complexas, incluindo fatores bióticos e de uso do solo, o que indica uma evolução em direção a modelos ecologicamente mais realistas. A validação rigorosa da maioria dos modelos reforça a confiabilidade das projeções, embora ainda seja limitado o número de estudos que exploram cenários futuros de mudança climática.

Por fim, o uso emergente de dados de ciência cidadã e plataformas abertas como o GBIF representa uma tendência promissora para ampliar a escala e o escopo das pesquisas, além de fortalecer o vínculo entre ciência e sociedade. Essa abordagem não apenas enriquece a base de dados, mas também amplia o engajamento público na conservação de polinizadores, essenciais para a manutenção dos ecossistemas e segurança alimentar.

Ainda assim, persistem desafios importantes: a necessidade de incluir mais táxons menos estudados, aprofundar projeções em múltiplos cenários futuros e expandir o foco para biomas negligenciados, como os ambientes áridos. Avanços nesses sentidos poderão melhorar significativamente nossa capacidade de prever e mitigar os impactos das mudanças globais sobre as comunidades de abelhas.

REFERÊNCIAS

HEGLAND, S. J. et al. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, v. 12, n. 2, p. 184-195, 2009.

KREMEN, C.; ULLMANN, K. S.; THORP, R. W. Evaluating the quality of citizen-scientist data on pollinator communities. *Conservation Biology*, v. 32, n. 4, p. 707-717, 2018.

VASCONCELOS, R. N. et al. Advances and Challenges in Species Ecological Niche Modeling: A Mixed Review. *Earth*, v. 5, n. 4, p. 963-989, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/earth5040050>.

SORTEGA-HUERTA, M. A.; PETERSON, A. T. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, v. 79, n. 1, p. 205-216, jun. 2008. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532008000100017&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 6 fev. 2025. PEARSON, R. G. et al. Life history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature Climate Change*, v. 11, n. 4, p. 301-307, 2021.

WANG, L.; WANG, X.; AN, Y.; SONG, T.; TONG, S.; WANG, X. Effects of land use changes on the plant community characteristics in the wetlands of the semi-arid regions. *Diversity*, v. 14, n. 12, p. 1049, 2022. DOI: 10.3390/d14121049.