

Um Mapeamento Sistemático de Soluções para o Combate à Desordem do Colapso das Colônias

Paulo Barbosa Cuba Júnior¹, Eduardo Filgueiras Damasceno²

¹ Departamento de Computação (DACOM) –
Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) –
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
86.301-270 – Cornélio Procópio – PR – Brasil

paulobarbosajunior@alunos.utfpr.edu.br, damasceno@utfpr.edu.br

Abstract. *Colony Collapse Disorder (CCD), which manifests as the sudden disappearance of bees, constitutes a significant threat to both environmental stability and global food security. Addressing this issue, our study conducts a systematic literature review to identify and analyze innovative hive monitoring solutions that employ machine learning techniques within Precision Apiculture. The work explores explicitly how these technologies can aid in the early detection of anomalies and the subsequent mitigation of CCD-related risks.*

Resumo. *A Desordem do Colapso das Colônias (DCC), que se manifesta pelo desaparecimento repentino de abelhas, representa uma séria ameaça ao meio ambiente e à segurança alimentar global. Diante desse problema, este estudo apresenta um mapeamento sistemático da literatura com o objetivo de identificar e analisar as soluções de monitoramento inteligente para colmeias que utilizam técnicas de aprendizado de máquina na Apicultura de Precisão. O trabalho foca em como essas tecnologias podem auxiliar na detecção precoce de anomalias e na mitigação dos riscos associados à DCC.*

1. Introdução

A Desordem do Colapso das Colônias (DCC), caracterizada pelo desaparecimento abrupto de abelhas, é um fenômeno que ameaça a estabilidade ambiental e a segurança alimentar global. Em resposta a essa problemática, este estudo se propõe a sistematizar o conhecimento existente sobre as tecnologias de monitoramento e previsão da DCC.

Para atingir este objetivo, utilizamos o Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), uma metodologia que fornece uma visão panorâmica e detalhada de um campo de estudo [Petersen et al. 2008, Weitl-Harms et al. 2023]. O MSL permite identificar e analisar as soluções de monitoramento inteligente para colmeias que empregam técnicas de aprendizado de máquina. Essa abordagem sistemática, complementada por uma pesquisa exploratória em paralelo, será fundamental para aprofundar o entendimento e ajudar a identificar as lacunas no conhecimento atual.

Assim o MSL procura minimizar erros sistemáticos e aleatórios, buscando definir de forma mais clara o procedimento a ser adotado na condução do levantamento do estado da arte de um tópico de pesquisa [Petersen et al. 2008].

O MSL possui etapas que são executadas de acordo com estratégias de buscas previamente definidas, permitindo que suas etapas possam ser analisadas por outros avaliadores. No MSL, considera-se um período para a busca da string formulada nas bibliotecas digitais, recuperando trabalhos que possam satisfazer o tópico de pesquisa. Além disso, são definidos critérios de inclusão e exclusão de artigos. Os pesquisadores envolvidos na seleção dos artigos devem se esforçar para identificar e relatar a pesquisa que não necessariamente atende aos critérios de inclusão, bem como identificar e relatar as pesquisas que atendem [Kitchenham and Charters 2007].

2. Design do Mapeamento Sistemático

O objetivo deste MSL é analisar publicações científicas para identificar e categorizar soluções de Apicultura de Precisão que utilizam Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (AM) no monitoramento de colmeias. A pesquisa busca responder a um conjunto de questões-chave, detalhadas na Tabela 1, que guiaram a coleta e a análise dos dados. As questões abordam desde fatores que afetam a saúde das colmeias até as tecnologias e algoritmos utilizados para a predição da Desordem do Colapso das Colônias (DCC).

Tabela 1. Questões levantadas.

ID	QUESTÃO DE PESQUISA
Q ₀	Quais fatores ambientais e antrópicos influenciam a saúde das colmeias e a produção do mel?
Q ₁	Por quais motivos acontece o processo de Desordem de Colapso das Colônias (DCC)?
Q ₂	Quais recursos tecnológicos podem ser utilizados com maior frequência na Apicultura de Precisão (AP)?
Q ₃	Quais são os parâmetros analisados com maior frequência na Apicultura de Precisão?
Q _{3.a}	Quais são as soluções ou sistemas implementados para a Apicultura de Precisão?
Q _{3.b}	Quais limitações e desafios destas soluções?
Q _{3.c}	Quais dessas soluções apresentam técnicas de Inteligência Artificial ou Aprendizado de Máquina?
Q _{3.d}	Quais técnicas encontradas são usadas para predição de eventos?

Ademais, o escopo da pesquisa foi delimitado a publicações em inglês, reconhecida como a língua franca da comunicação científica, através da string: "Beekeeping Precision AND bee Monitoring", em artigos de revisão sistemática (Review Articles), no período de janeiro de 2015 a maio de 2025. A seleção desse período é estratégica, pois permite a inclusão de estudos recentes que refletem as inovações tecnológicas mais atuais na área. Assim, para assegurar uma cobertura abrangente da literatura, a busca foi conduzida em três bases de dados de alto impacto, a saber: Dimensions¹, IEEEExplore² e ScienceDirect³.

¹<https://www.dimensions.ai>

²<https://www.ieee.org/ieeexplore>

³<https://www.sciencedirect.com>

Com o objetivo de apresentar resultados relevantes para pesquisa, as publicações foram submetidas a um processo de filtragem rigoroso, com base em critérios de exclusão pré-definidos. Esses critérios visam garantir a relevância e a qualidade das publicações, excluindo: artigos publicados fora do período estabelecido, publicações não disponíveis em inglês, trabalhos que não são revisados por pares (ex: livros, capítulos de livros ou notas técnicas), resultados que consistem em coleções de artigos (proceedings) e artigos sem acesso à versão completa.

Para gerenciar as publicações, as citações foram exportadas para o software de gerenciamento de referências Mendeley⁴, facilitando a organização e a análise subsequente. O processo de seleção foi conduzido para garantir que apenas os trabalhos mais relevantes e de alta qualidade fossem incluídos na análise.

3. Resultados Preliminares

A busca inicial, conduzida com a string definida nas três bases de dados selecionadas, retornou um total de 434 artigos. A distribuição desses resultados preliminares foi a seguinte: a base de dados Dimensions apresentou o maior volume de publicações, com 365 artigos. As bases Science Direct e IEEE Xplore contribuíram com 48 e 22 artigos, respectivamente. Esses dados demonstram a amplitude da literatura disponível sobre o tema e a importância de uma busca abrangente em múltiplas fontes para capturar a maior parte do conhecimento existente.

A análise destes artigos foi realizada com o software VOSviewer que permitiu a criação de um mapa de coautoria, como ilustrado na Figura 1, que é composta por dois gráficos gerados pelo software VOSviewer, que visualizam as relações de colaboração entre autores e a coocorrência de termos-chave em um conjunto de publicações científicas.

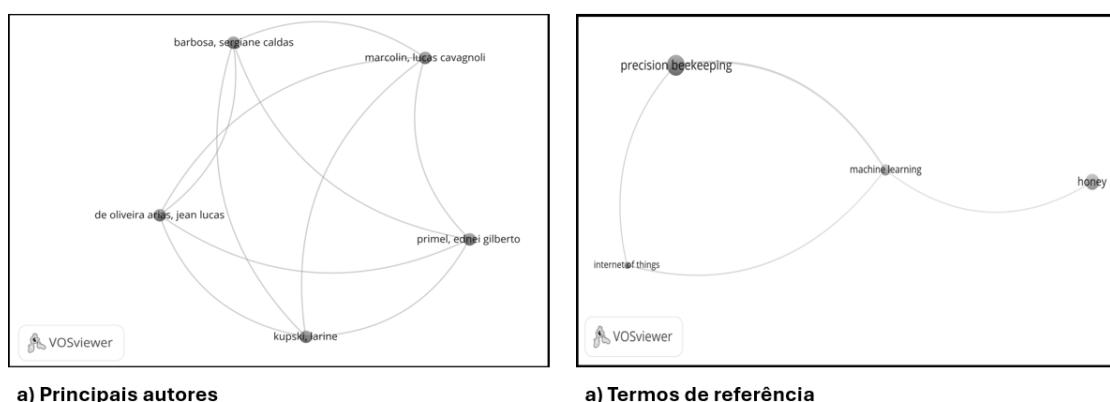


Figura 1. Autores e Termos.

Para garantir que a análise se concentrasse nos objetivos centrais do estudo, foi realizado um processo de filtragem rigoroso. Publicações que abordavam temas tangenciais, como pesticidas, avaliação de risco e pólen de abelha, foram excluídos manualmente no Mendeley. Essa triagem resultou na remoção de 25 artigos, permitindo um foco maior nas tecnologias de monitoramento inteligente.

⁴<https://www.mendeley.com/download-reference-manager/>

A análise inicial dos dados foi realizada com o auxílio do software VOSviewer, permitindo a visualização e interpretação das redes de colaboração e dos termos mais relevantes na literatura.

A Figura 1a, que apresenta um mapa de coautoria, revela um grupo de autores fortemente interconectados — Barbosa, de Oliveira, Kupski, Primel e Marcolin. Essa densa rede sugere a formação de um cluster de pesquisa altamente colaborativo e ativo, que constitui um núcleo central de produção científica na área.

Por sua vez, a Figura 1b exibe um mapa de cocorrência dos termos mais frequentes, fornecendo uma visão clara sobre os tópicos de maior relevância. Os termos "precision beekeeping", "machine learning", "Internet of Things" e "honey" são os mais proeminentes. A intensa conexão entre "precision beekeeping" e as tecnologias de "machine learning" e "Internet of Things" (IoT) indica que essas são as principais abordagens metodológicas na área. A proximidade do termo "honey" sugere que a produção e a análise do mel são um parâmetro ou um resultado central na aplicação dessas tecnologias.

A análise conjunta desses dados permitiu a categorização das publicações para responder às questões de pesquisa estabelecidas. A distribuição dos artigos por questão é a seguinte:

- Questão Q0: Um total de 11 artigos foi selecionado para analisar os fatores que influenciam a saúde das colmeias e a produção de mel, fornecendo uma base abrangente sobre os elementos ambientais e antrópicos.
- Questão Q1: A questão sobre os motivos da Desordem do Colapso das Colônias (DCC) foi abordada por 1 artigo, o que indica a necessidade de mais pesquisas focadas especificamente nas causas deste fenômeno.
- Questões Q3, Q3.a, Q3.b, Q3.c e Q3.d: O maior número de publicações, totalizando 35 artigos, foi dedicado a examinar as soluções tecnológicas. Esses trabalhos foram essenciais para analisar os recursos de software e hardware, os parâmetros de monitoramento e as técnicas de análise de dados aplicadas na Apicultura de Precisão

Essa distribuição evidencia o foco da pesquisa científica atual nas soluções tecnológicas, reforçando a importância do monitoramento inteligente para a saúde e a manejo das colmeias.

Referências

- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Software Engineering Group Department of Computer Science Keele University*.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE 2008*, I(June):1–10.
- Weitl-Harms, S., Spanier, A., Hastings, J., and Rokusek, M. (2023). A systematic mapping study on gamification applications for undergraduate cybersecurity education. *Journal of Cybersecurity Education Research and Practice*, 2023.