FRAUDES NO CONSUMO DE ÁGUA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA TEMPORAL

Eduarda Kiatkowski, Lucas Alexandre Souza Rosa, Andreza Kalbusch, Elisa Henning

INTRODUÇÃO

A análise da evolução da produção científica é importante para compreender como os temas de uma determinada área de pesquisa se modificam ao longo do tempo. Nesse contexto, identificar a frequência dos principais termos e suas transformações permite reconhecer tendências, temas persistentes e novos direcionamentos da literatura (Aria; Cuccurullo, 2017). Assim, este trabalho apresenta resultados parciais de uma análise bibliométrica sobre o consumo não autorizado de água (fraudes), tendo como objetivo investigar a evolução temática e identificar os principais termos e temas abordados pela literatura no período analisado.

DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento da análise, foram seguidas etapas sucessivas. Inicialmente, foram definidas as palavras a serem utilizadas na busca (“water distribution system” OR “water supply system” OR “non-revenue water” OR “water network” AND “unauthorized consumption” OR “unathorized water consumption” OR theft* OR fraud* OR "anomaly detection" OR "anomalous pattern" OR "fraudulent behavior"). A partir disso, foram obtidos e organizados os dados bibliográficos provenientes da base Scopus, considerando as publicações entre 1999 e 2026.

Posteriormente, os dados foram importados para o ambiente R (R Core Team, 2026) e processados com o pacote Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017), uma ferramenta destinada à análise quantitativa e visualização de dados bibliográficos, permitindo identificar padrões, tendências e relações presentes na produção científica (Aria; Cuccurullo, 2017). Para a realização dos procedimentos foi utilizada a interface gráfica Biblioshiny, que permite aplicar diferentes técnicas da análise bibliométrica (Aria; Cuccurullo, 2017).

Após a inserção e o processamento dos dados, foram realizadas diferentes análises, das quais duas foram selecionadas para o desenvolvimento deste trabalho. A primeira análise corresponde à frequência das palavras ao longo do tempo, utilizada para identificar a ocorrência dos principais termos presentes nas publicações e acompanhar sua distribuição, permanência e variação durante o período analisado. Essa análise permite observar como determinados termos ganham ou perdem presença na produção científica ao longo dos anos.

A segunda análise consistiu na análise da evolução temática. Para sua realização, o período de estudo é dividido em intervalos consecutivos e, em cada intervalo, é realizada uma análise de coocorrência dos termos, permitindo identificar as relações e transformações entre os temas o longo do tempo (Cobo et al., 2011). O método permite observar a continuidade, diferenciação, fusão, surgimento e desaparecimento de temas entre os diferentes períodos (Cobo et al., 2011).

Por fim, os resultados obtidos nas duas análises foram interpretados de forma conjunta. A frequência das palavras ao longo do tempo foi utilizada para identificar a evolução dos principais termos da literatura. A evolução temática permitiu compreender como esses termos se relacionam e como a estrutura temática da área se modificou entre os períodos. Dessa forma, os procedimentos possibilitaram caracterizar as principais transformações da produção científica analisada sobre fraudes no consumo de água ao longo do período de 1999 a 2026.

RESULTADOS

Os resultados obtidos permitem analisar a evolução da produção científica relacionada ao tema estudado entre 1999 e 2026. O conjunto de dados foi composto por 356 documentos,

provenientes de 238 fontes e 1077 autores. Foram consideradas a frequência dos principais termos e as transformações ocorridas na estrutura temática da área. Dessa forma, a frequência das palavras ao longo do tempo (Figura 1) e a evolução temática (Figura 2) possibilitam observar a dinâmica dos assuntos abordados e as mudanças na organização temática da literatura ao longo do período

Na Figura 1, observa-se uma transformação gradual dos termos presentes na litearuta ao longo do período analisado. Nos anos iniciais, destacam-se palavras relacionadas aos sistemas de abastecimento e à qualidade da água, juntamente com termos associados a métodos computacionais. Ao longo dos anos, passam a apresentar maior destaque termos relacionados aos sistemas de distribuição, à gestão da água e ao aprendizado de máquina.

Nos períodos mais recentes, destacam-se termos relacionados à detecção de anomalias, aprendizado de máquina, detecção de vazamentos, segurança das redes e agentes autônomos. Esse comportamento indica uma aproximação entre os estudos de sistemas hídricos e a incorporação de métodos analíticos, automação e de inteligência artificial para a análise e identificação de consumo não autorizado.

A Figura 2 complementa os resultados apresentados na Figura 1 ao mostrar como os temas se modificaram entre os diferentes períodos. Entre 1999 e 2010, os estudos estavam mais relacionados ao abastecimento e à qualidade da água, com uso inicial de métodos computacionais. De 2011 a 2018, esses estudos avançaram para uma abordagem mais voltada aos sistemas de distribuição e à aplicação de técnicas de análise.

Entre 2019 e 2025, observa-se também maior integração entre os sistemas de água e métodos de aprendizado de máquina, com maior atenção à identificação de anomalias. Por fim, em 2026, essa tendência se mantém, com abordagens mais específicas relacionadas à detecção de vazamentos e ao uso de sistemas computacionais avançados. Assim, a evolução temática indica uma transição de abordagens mais voltadas ao abastecimento e qualidade da água para estudos que integram distribuição, gestão, detecção de problemas e ferramentas computacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliométrica permitiu identificar a evolução dos temas relacionados à área estudada entre 1999 e 2026. A análise da frequência das palavras ao longo do tempo e da evolução temática mostrou uma mudança gradual nos assuntos abordados pela produção científica. Observou-se uma transição de estudos inicialmente mais voltados ao abastecimento e à qualidade da água para abordagens relacionadas aos sistemas de distribuição, gestão e identificação de problemas. Paralelamente, verificou-se o crescimento da utilização de ferramentas computacionais, especialmente métodos de aprendizado de máquina. Dessa forma, os resultados indicam uma maior integração entre os estudos de sistemas hídricos e o uso de recursos computacionais, evidenciando a evolução das abordagens empregadas ao longo do período analisado.

Palavras-chave: análise bibliométrica; produção científica; sistemas de abastecimento de água; detecção de fraudes; detecção de anomalias; aprendizado de máquina.

ANEXOS

Figura 1. *Frequência das palavras ao longo do tempo*

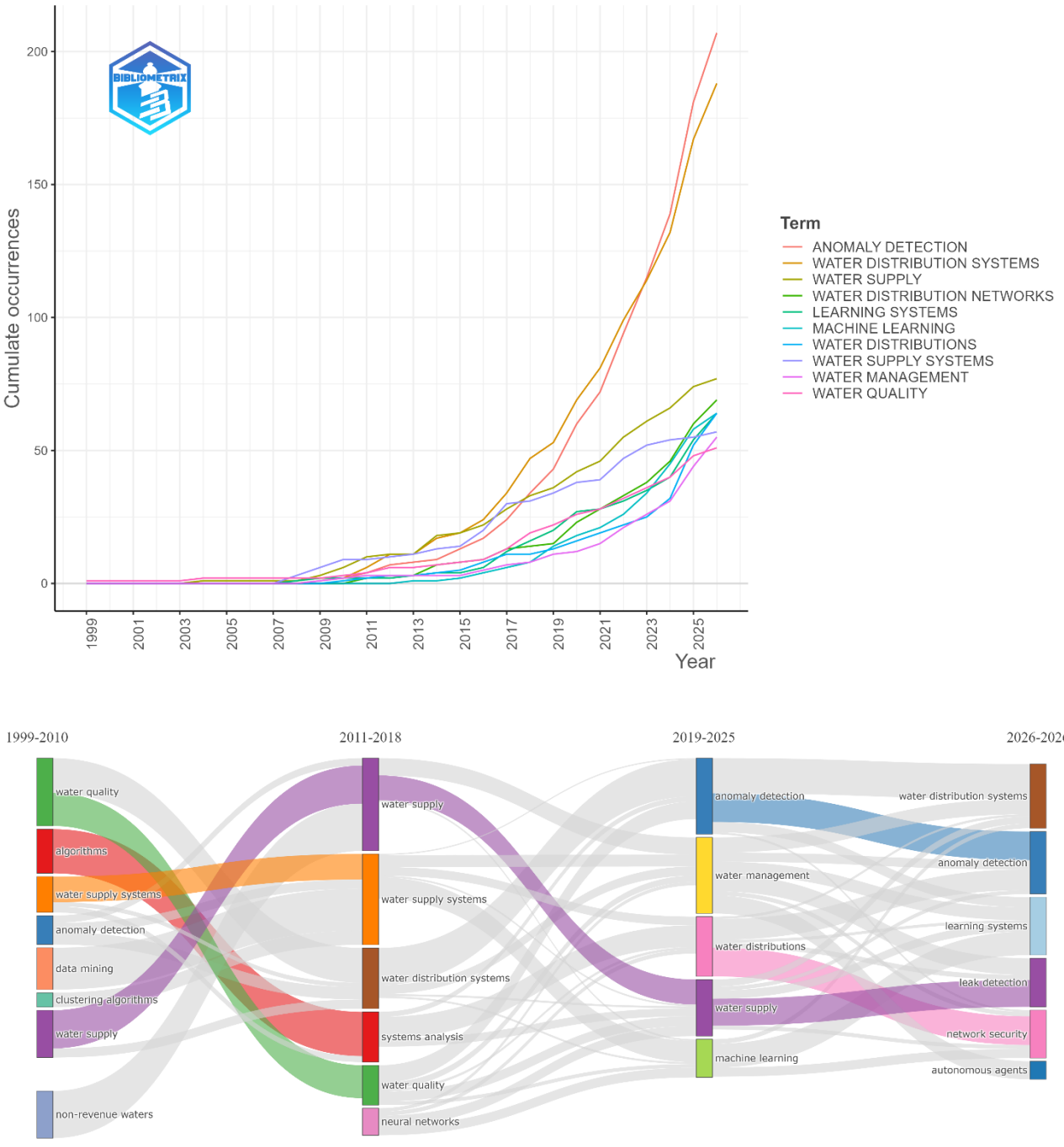


Figura 2. *Evolução temática*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aria, Massimo; Cuccurullo, Corrado. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

Cobo, Manuel J.; López-Herrera, Antonio G.; Herrera-Viedma, Enrique; Herrera, Francisco. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the fuzzy sets theory field. **Journal of Informetrics**, v. 5, n. 1, pp. 146-166, 2011.

Jarke, Matthias; Koch, Jurgen. Query optimization in database systems. **ACM Computing Surveys**, v. 16, n. 2, p. 111-152, 1984.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: **R Foundation for Statistical Computing**, 2026. Disponível em: https://www.R-project.org/.