



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**

Prospecção de tecnologias usada na determinação de metais e metaloides em águas subterrâneas no contexto do semiárido baiano

Walace Daniel de Almeida Santos¹; Humbervânia Reis Gonçalves da Silva²

1. Wallace Daniel de Almeida Santos, PVIC/UEFS, QUIMICA, e-mail: walacequimicauefs@gmail.com

2. Humbervânia Reis Gonçalves da Silva, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS, e-mail: hrgsilva@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Águas subterrâneas; Metais; Tecnologias.

INTRODUÇÃO

A água subterrânea é uma das principais reservas de água doce do planeta, fundamental para o abastecimento humano, a irrigação agrícola e os processos industriais (Leite, 2021). Contudo, estima-se que cerca de quatro bilhões de pessoas enfrentem escassez hídrica ao menos uma vez ao ano, tendência que tende a se agravar até 2050, quando o volume de extração poderá ultrapassar mil quilômetros cúbicos anuais (Singh et al., 2011; Gude; Maganti, 2021).

No semiárido baiano, estudos apontam que aquíferos do município de Boquira (localizado na porção centro sul do estado da Bahia) apresentam concentrações de metais como cálcio, ferro, magnésio e sódio acima dos limites máximos para consumo humano, essa região concentrou a maior mina de Pb e Zn do Brasil no período de 1960 e 1992, embora as maiores concentrações de Pb, Zn e Cd tenham sido registradas nas águas provenientes das galerias da mina subterrânea e da bacia de rejeitos, os recursos hídricos avaliados não apresentaram níveis elevados desses metais. (Daltro et al., 2020). Além disso, investigações em Candeias-BA indicando altos teores de nitrato, cloreto e sulfato, sobretudo na estação seca, evidenciam poluição difusa em áreas rurais do semiárido (Santos et al., 2024). Em estudo realizado em área urbana de Feira de Santana-BA, verificou-se contaminação por metais pesados em cerca de 77% dos poços analisados (Lima et al., 2010) — o que evidencia a necessidade de maior monitoramento também no semiárido baiano.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo mapear tecnologias e pesquisas aplicadas à determinação e remediação desses elementos em águas subterrâneas, identificando tendências e perspectivas, com ênfase em métodos acessíveis e sustentáveis para o semiárido baiano. Os critérios de seleção incluem custo, eficácia analítica, aplicabilidade em regiões de infraestrutura limitada, bem como a possibilidade de expansão de uso das tecnologias.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

A prospecção tecnológica foi conduzida em duas etapas complementares.

Na primeira etapa, realizou-se uma busca no banco de patentes internacionais Espacenet, utilizando combinações de palavras-chave relacionadas a “*groundwater*”, “*subterranean water*”, “*artesian water*”, “*metal**”, “*pollutant**” e “*techn**”, associadas a códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC). Para refinar os resultados, aplicaram-se operadores booleanos: “OR” para incluir termos equivalentes, “AND” para restringir a combinação de conceitos e o operador “*” para contemplar variações dos radicais. A pesquisa nas bases de dados ocorreu no período de setembro de 2024 a janeiro de 2025, sendo atualizada a cada mês até a finalização do trabalho.

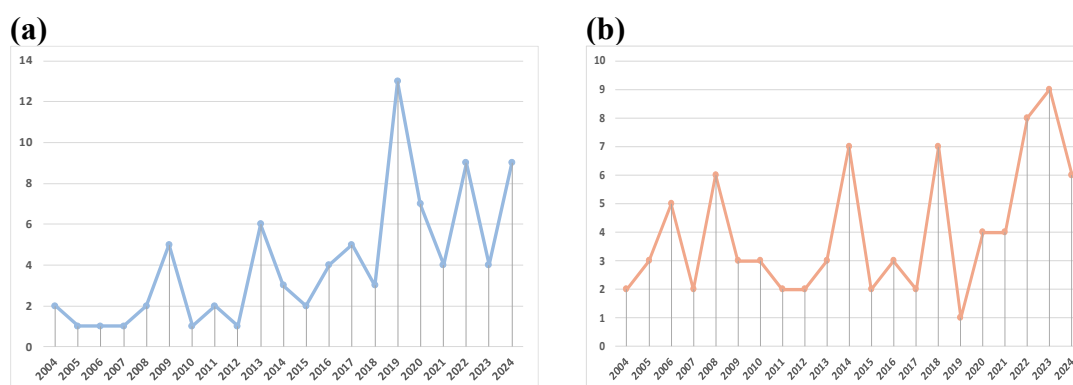
Na segunda etapa, foram realizadas buscas nas bases de dados de artigos Web of Science e Scopus. A estratégia de busca utilizou descritores semelhantes, mas substituiu os códigos IPC por termos equivalentes, como *water treatment* e *contaminated soil*.

Após a coleta, os resultados foram refinados por meio da leitura dos resumos e análise qualitativa dos documentos. Em seguida, os dados foram organizados no software Microsoft Excel, possibilitando a elaboração de gráficos comparativos entre artigos e patentes, identificando padrões de publicação por ano, países de maior representatividade, áreas de conhecimento mais frequentes e principais instituições envolvidas. No total, foram identificadas 105 patentes (Espacenet) e 91 artigos, (Scopus) que constituíram o corpus de análise deste estudo.

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

Os resultados revelaram crescimento contínuo da produção científica e tecnológica entre 1988 e 2024, para uma melhor visualização fez-se a curva com os pedidos dos últimos 20 anos, sendo possível observar picos em 2019 para patentes e 2023 para artigos, conforme demonstrado na Figura 1. Esse avanço reflete a intensificação das preocupações ambientais e a busca global por soluções inovadoras para o monitoramento e a remediação de águas subterrâneas contaminadas.

Figura 1. Família de patentes (a) e artigos (b) publicados nos últimos 20 anos.

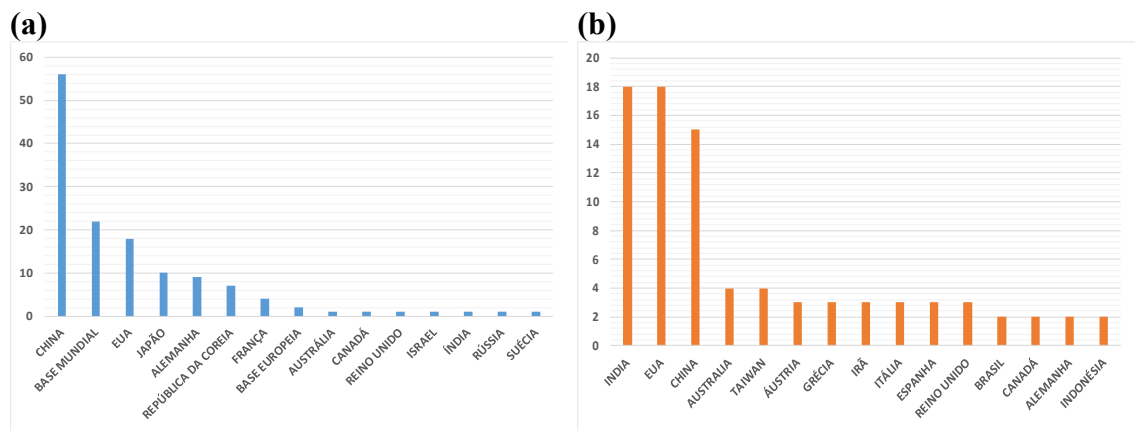


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Na Figura 2, observa-se a predominância no depósito de patentes (2a) de países como China (56 patentes) e Estados Unidos (18 patentes). Enquanto na publicação de artigos (2b) destacam-se Índia (18), Estados Unidos (18) e China (15), o que evidencia o impacto dos investimentos robustos em pesquisa e desenvolvimento. O Brasil, por sua

vez, apresenta participação ainda modesta, com apenas uma patente depositada e 2 artigos publicados.

Figura 2. Família de patentes (a) e artigos (b) por país de prioridade

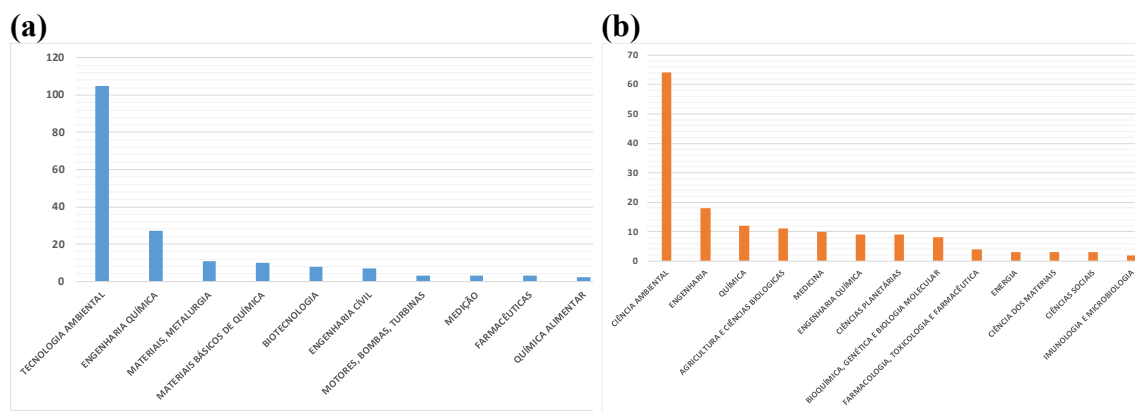


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

As áreas (Figura 3) de maior destaque foram engenharia ambiental, ciências aplicadas, química e materiais, com foco em técnicas de biorremediação, nanorremediação e barreiras reativas. Entre os métodos emergentes, destacam-se a oxidação de persulfato para degradação de compostos persistentes (Cook et al., 2025) e a precipitação de carbonato induzida por microrganismos (Taharia et al., 2024), além do uso de nanopartículas biossintéticas produzidas por organismos vivos (Peralta, 2022).

Essas abordagens refletem a tendência de soluções integradas e sustentáveis, capazes de superar limitações de técnicas convencionais de descontaminação.

Figura 3. Família de patentes (a) e artigos (b) por área de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

O panorama obtido indica que a remediação de águas subterrâneas contaminadas por metais e metaloides é um campo bastante estudado, com forte interesse científico e industrial. A evolução temporal das patentes e artigos comprova que a inovação nessa área acompanha as crescentes preocupações ambientais em escala global.

As tecnologias emergentes, como nanorremediação, barreiras reativas e biorremediação, possuem potencial de adaptação às condições do semiárido baiano, mas

sua aplicação requer análise de custo-benefício, aceitação social e capacitação técnica. Foram encontrados apenas dois documentos de patentes relacionados a técnicas de determinação de metais e metalóides, evidenciando tratar-se de uma área promissora para o desenvolvimento de novas pesquisas.

Dessa forma, torna-se fundamental fortalecer a integração entre academia, indústria e governo, de modo a viabilizar soluções sustentáveis e acessíveis que garantam o monitoramento da qualidade da água e promovam a preservação dos recursos hídricos subterrâneos a longo prazo.

REFERÊNCIAS

DALTRO, R. R.; ANJOS, J. Â. S. A.; RABELO GOMES, M. C. **Avaliação de metais pesados nos recursos hídricos do município de Boquira, no semiárido baiano – Brasil.** *Geociências*, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 139–152, maio 2020.

GUDE V.G., MAGANTI, A.. **Desalination of deep groundwater for freshwater supplies Global Groundwater**, Elsevier, pp. 577-583. 2021.

LEITE, A. B. **REMOÇÃO DE H₂S EM ÁGUA SUBTERRÂNEA PELO MÉTODO DE DESSORÇÃO GASOSA.** *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 135–147, 2021. DOI:10.9771/gesta.v9i1.43800.

LIMA, A. C. P.; DIAS, S. M. F.; ORRICO, S. R. M.; ARAÚJO, D. R. S. M. Avaliação das concentrações de bário e chumbo em águas do aquífero freático do entorno do Centro Industrial do Subaé – Feira de Santana-BA. *Águas Subterrâneas* [suplemento de anais de congresso], São Paulo, 06 set. 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22914> . Acesso em: 01 set. 2025.

SANTOS, C. de J. **Mapeamento da qualidade da água subterrânea rasa através de índice físico-químico em Campos dos Goytacazes.** *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 39–56, 2022.

SANTOS, J. S.; LIMA, F. A.; OLIVEIRA, R. M.; SOUZA, L. P. **Groundwater contamination in a rural municipality of Northeastern Brazil: application of geostatistics, geoprocessing, and geochemistry techniques.** *Water, Air, and Soil Pollution*, Dordrecht, v. 235, n. 3, p. 1–18, fev. 2024.

SINGH, C. K., SHASHTRI, S., MUKHERJEE, S., KUMARI, R., AVATAR, R., SINGH, A., & SINGH, R. P.. **Application of GWQI to assess effect of land use change on groundwater quality in lower Shiwaliks of Punjab: remote sensing and GIS based approach.** *Water resources management*, v. 25, p. 1881-1898. 2011.