

Alessandra da Silva FERREIRA* 

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, Paraíba, Brasil
alessandrasf.asf@gmail.com

Alynne da Silva ANDRADE** 

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, Paraíba, Brasil
andrade.alynne@gmail.com

Mariarita dos Santos SILVA*** 

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, Paraíba, Brasil
mariarita.esa@outlook.com

Laercio Leal dos SANTOS**** 

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, Paraíba, Brasil
laercioleal@servidor.uepb.edu.br



GEOGRAPHIA
OPPORTUNO
TEMPORE



INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS URBANAS PARA O MEIO SUBTERRÂNEO: REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Urban water infiltration into the underground environment: bibliometric review.

Infiltración de agua urbana al medio subterráneo: revisión bibliométrica.

RESUMO

O presente artigo analisou os tópicos relevantes sobre a infiltração de águas urbanas para o meio subterrâneo, através de uma pesquisa bibliométrica com o uso do banco de dados Scopus. Foram encontrados 4.749 artigos publicados entre 2020 e abril de 2024 e que foram selecionados para a análise sistemática. O software VOSviewer foi utilizado para agrupar os artigos em temas de interesse, tais como os locais onde a temática é mais abordada, à gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, desenvolvimento sustentável e alterações climáticas. No geral, os resultados revelaram um notável aumento na quantidade de estudos nos últimos anos. Os temas mais abordados estão fortemente vinculados à gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, desenvolvimento sustentável e alterações climáticas. Alguns países lideram os estudos sobre essa temática, sendo eles, China, Reino Unido e Estados Unidos. Assim, vê-se uma crescente colaboração e participação de instituições de países em desenvolvimento na condução de estudos, mostrando uma tendência de internacionalização nas pesquisas. A revisão bibliométrica permitiu um estudo acadêmico mais profundo quanto ao gerenciamento urbano de águas pluviais, recarga de aquíferos e práticas de gestão ambiental, onde é válido destacar pontos de convergência, áreas de inovação e possíveis direções para futuras investigações.

Palavras-chave: controle de inundações urbanas; gestão de águas pluviais; reabastecimento de aquíferos; reciclagem de águas subterrâneas.

*Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

***Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

****Professor no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Alessandra da Silva **FERREIRA**
Alyne da Silva **ANDRADE**
Mariarita dos Santos **SILVA**
Laercio Leal dos **SANTOS**

ABSTRACT

This article analyzed the relevant topics on the infiltration of urban water into the underground environment. Using the Scopus database, 4.749 articles published between 2020 and April 2024 were selected for systematic analysis. The VOSviewer software was used to group the articles into important topics and, from there, demonstrated the places where the topic is most covered. Overall, the results revealed a notable increase in the number of studies in recent years. The most covered topics are strongly linked to environmental management, life cycle assessment, sustainable development and climate change. Some countries are leading studies on this topic, namely China, the United Kingdom and the United States. Thus, we see a growing collaboration and participation of institutions from developing countries in conducting studies, showing a trend towards internationalization in research. The bibliometric review allowed a deeper academic study regarding urban stormwater management, aquifer recharge and environmental management practices, where it is worth highlighting points of convergence, areas of innovation and possible directions for future investigations.

Keywords: Urban flood control; Stormwater management; Aquifer replenishment; Groundwater recycling.

RESUMEN

Este artículo analizó los temas relevantes sobre la infiltración de agua urbana en el medio subterráneo. Utilizando la base de datos Scopus, se seleccionaron para análisis sistemático 4.749 artículos publicados entre 2020 y abril de 2024. Se utilizó el software VOSviewer para agrupar los artículos en temas importantes y, a partir de ahí, demostrar los lugares donde el tema está más cubierto. En general, los resultados revelaron un aumento notable en el número de estudios en los últimos años. Los temas más tratados están fuertemente vinculados a la gestión ambiental, la evaluación del ciclo de vida, el desarrollo sostenible y el cambio climático. Algunos países están liderando estudios sobre este tema, a saber, China, el Reino Unido y Estados Unidos. Así, vemos una creciente colaboración y participación de instituciones de países en desarrollo en la realización de estudios, mostrando una tendencia hacia la internacionalización de la investigación. La revisión bibliométrica permitió profundizar Estudio académico sobre gestión de aguas pluviales urbanas, recarga de acuíferos y prácticas de gestión ambiental, donde vale la pena resaltar puntos de convergencia, áreas de innovación y posibles rumbos para futuras investigaciones.

Palabras-clave: Control de inundaciones urbanas; Gestión de aguas pluviales; Reposición de acuíferos; Reciclaje de aguas subterráneas.

INTRODUÇÃO

A partir da Lei nº 9.433, de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a discussão e a implantação de novos conceitos sobre a gestão das águas no país, ocorreram avanços em diversas áreas, principalmente por propor incorporar os princípios do desenvolvimento sustentável e a participação social nas deliberações sobre o uso e a conservação das águas (Brasil, 1997). Tendo em vista que, à medida que se expandem as cidades, o próprio homem vê suas possibilidades de existência ameaçadas pela forma desordenada de sua ocupação. Uma das principais transformações, tanto pelo aspecto de mudança da paisagem como pela atividade antrópica, é a redução da capacidade de infiltração do solo nas áreas urbanas.

O solo das cidades possui uma parcela considerável de sua superfície impermeabilizada pelas edificações, pavimentação de vias e calçadas. A transformação de áreas anteriormente permeáveis em áreas impermeáveis induz a um desequilíbrio hidrológico, caracterizado pelo aumento do escoamento superficial e pela antecipação dos picos de vazão, o que está diretamente relacionado com as enchentes em áreas urbanas (Tucci, 2007).

A infiltração de águas urbanas para o meio subterrâneo apresenta diversos impactos no ambiente, tanto positivos quanto negativos, tais como, recarga de aquíferos, em áreas onde a água infiltrada é limpa, essa infiltração pode ajudar a recarregar aquíferos subterrâneos. Isso é essencial para manter o abastecimento de água subterrânea, que muitas vezes é uma fonte crítica de água potável; Melhoria da qualidade da água, se a água que está infiltrando é tratada, isso pode ajudar a melhorar a qualidade da água subterrânea, pois o solo atua como um filtro natural, removendo impurezas e poluentes; aumento do tempo de concentração da bacia, influenciando diretamente nos volumes que chegam a rede de drenagem reduzindo os picos de cheias amortizando o hidrograma de escoamento; regulação da temperatura do solo, onde a água que penetra no solo pode ajudar a regular a sua temperatura e do ambiente ao redor. isso pode ser benéfico para as plantas e para a fauna local.

Entretanto, deve-se também considerar alguns impactos negativos, sendo eles: Poluição do solo e águas subterrâneas, se a água que está infiltrando é contaminada, ela pode poluir o solo e as águas subterrâneas. Isso pode ter sérias consequências para a saúde pública e para o meio ambiente; inundações e erosão: em alguns casos, uma grande quantidade de água infiltrada em curtos períodos de tempo pode levar a inundações, especialmente se os sistemas de drenagem não forem capazes de lidar com o volume. Além disso, a erosão do solo devido ao excesso de água pode ser um

Alessandra da Silva **FERREIRA**
Alynne da Silva **ANDRADE**
Mariarita dos Santos **SILVA**
Laercio Leal dos **SANTOS**

problema e, por fim, em áreas onde a infiltração é muito alta, pode ocorrer subsidência do solo. Isso acontece quando a água remove o suporte do solo, levando ao colapso de estruturas superficiais.

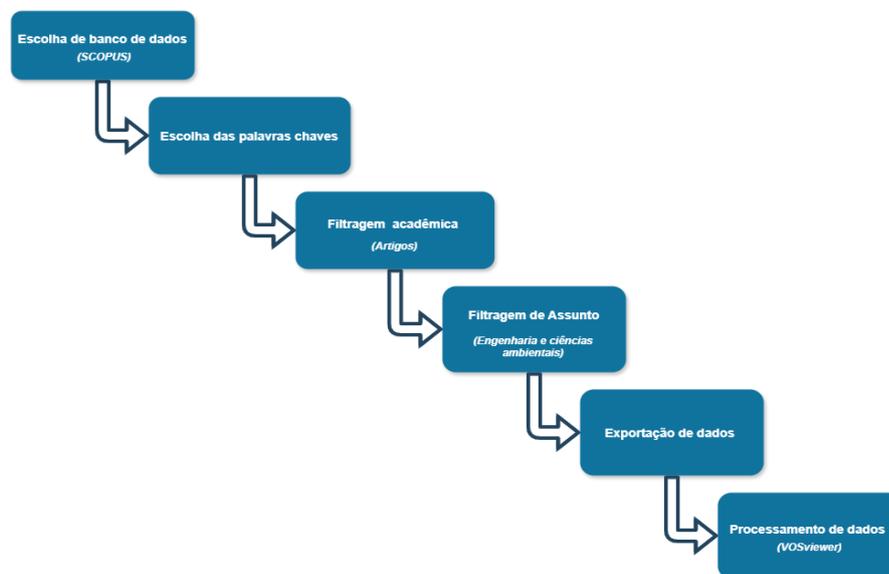
Uma revisão bibliométrica é um tipo de revisão sistemática que se concentra na análise quantitativa de dados bibliográficos e na produção acadêmica em um determinado campo de estudo. É uma abordagem útil para entender a evolução, as tendências e as lacunas de pesquisa em uma área específica. Com essa temática em mente, o objetivo desse trabalho é de focar o que há de mais recente nos estudos da infiltração de águas urbanas para o meio subterrâneo. De forma mais específica, este estudo busca revelar um panorama geral das pesquisas, processos de desenvolvimento e as direções para um planejamento urbano sustentável.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida utilizando o método denominado de revisão bibliométrica, examinando artigos na base de dados *SCOPUS* publicados na temática de Infiltração de Águas Urbanas para o Meio Subterrâneo. Segundo Kumar *et al.* (2021), A abordagem desta pesquisa é denominada quantitativa pelo fato de oferecer a quantidade de publicações, autores e países mais produtivos, periódicos e artigos mais influentes, entre outros.

O espaço temporal dessa pesquisa considera o período de Janeiro de 2020 a 24 de Abril de 2024 (os últimos cinco anos), sendo dividida em quatro etapas (Figura 1), de modo a gerar resultados mais efetivos e que melhor englobasse a temática de recarga de lençóis freáticos em meio urbano, considerando apenas periódicos, seguidos de uma filtragem acadêmica, filtragem de fonte e filtragem de assunto.

Figura 1 - Esquema metodológico da pesquisa bibliométrica



Fonte: Dados da pesquisa; dos autores.

Para iniciar as pesquisas, optou-se por utilizar a base de dados da SCOPUS por conter uma grande quantidade de periódicos, com abrangência de assuntos para as publicações indexadas, neutralidade e atender um conjunto de rigorosos requisitos de indexação, como relevância e autenticidade.

Como banco de dados principal, a base de dados da SCOPUS por ser um banco de dados de resumos e citações, neutro em relação à fonte, curado por especialistas independentes em diversos assuntos. Além disso, disponibiliza ferramentas poderosas de descoberta e análise nas mãos de pesquisadores, bibliotecários, gestores de pesquisa institucionais e financiadores (Elsevier, 2024). Para acessar a base de dados utilizou-se o Portal CAPES/ Brasil, uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza manuscritos científicos para institutos de pesquisa e universidades brasileiras.

Em seguida foi selecionado as palavras-chaves e termos de busca (Tabela 1). O operador booleano “OR” foi utilizado para combinar esses termos, o que permite obter informações relevantes sobre esses tópicos específicos e acompanhar as pesquisas e desenvolvimentos mais recentes na área estudada.

Tabela 1 - Palavras-chave e termos de busca

Base de dados	Palavras-chaves buscadas	Período buscado
SCOPUS	("Urban Drainage" OR "Urban Flood Control" OR "Urban Water Sanitation" OR "Urban Runoff Management" OR "Urban Wastewater Management" OR "Flood Control" OR "Rainwater Management" OR "Precipitation Management" OR "Groundwater Recharge" OR "Aquifer Replenishment" OR "Groundwater Recycling" OR "Aquifer Refilling" OR "Environmental Management" OR "Environmental Administration" OR "Environmental Policy")	2020 – Abril de 2024

Fonte: Autores.

A próxima etapa consiste na filtragem acadêmica, onde é possível considerar apenas artigos acadêmicos, ou seja, não foi incluído para a nossa pesquisa nenhum outro tipo de documento, por exemplo, capítulos de livros ou anais de congresso.

A última etapa foi constituída da filtragem por assunto. Os artigos que foram considerados são da área de engenharia e ciências ambientais. Este filtro foi aplicado de modo que trouxesse a certeza que os periódicos científicos indexados no banco de dados que foi filtrado pelas etapas anteriores, tenham relevância para a pesquisa.

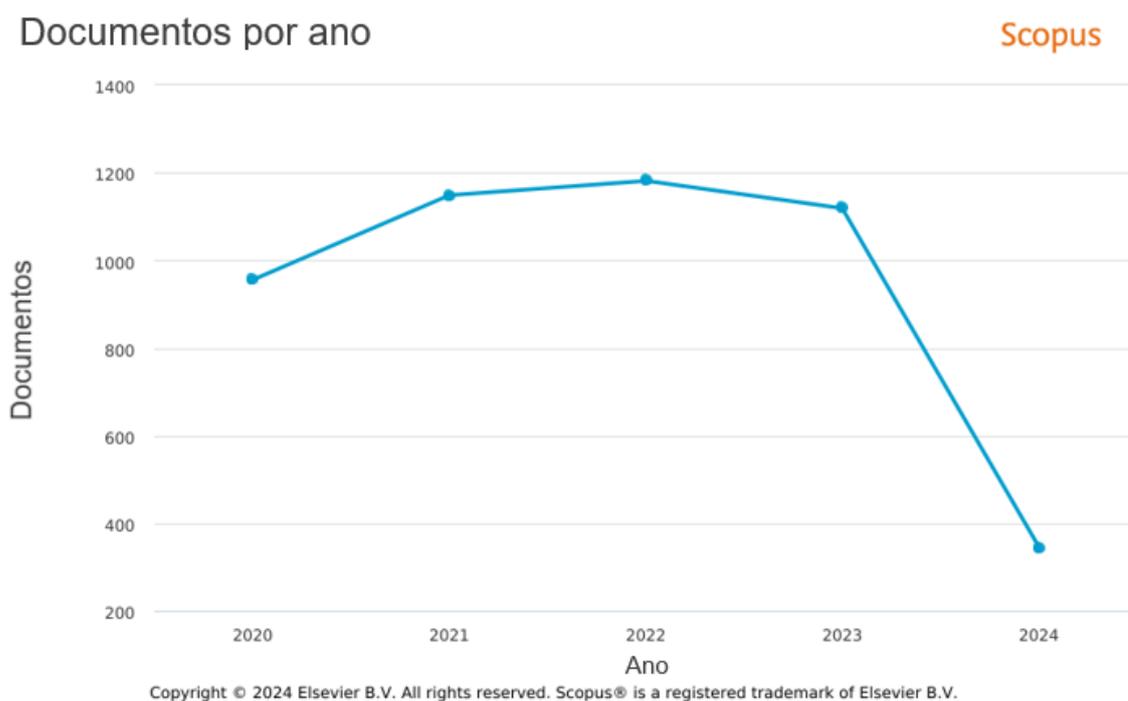
Em seguida foi exportado os dados encontrados para um arquivo excel, e posteriormente importados para o VOSViewer para a realização do mapeamento científico. Segundo Peixe e Pinto (2022), a vantagem no uso de um software como o VOSViewer, é obter ajuste rápido, controle de dados aberto em reprodução efetiva e a redução de tempo na análise. Contribui para o melhoramento no processo de divulgação e transparência das informações evidenciadas por meio dos relatórios, os documentos mais relevantes para se utilizar em pesquisas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição Temporal

Após aplicação de todas as etapas citadas acima aplicadas na temática em foco, obteve-se 4.749 artigos, no recorte temporal de 2020 a abril de 2024. Através da análise dos dados obtidos, pode-se observar que houve um crescente aumento no número de publicações (Gráfico 1) na temática. Embora tenha ocorrido uma redução das publicações em 2024, pois a análise foi apenas até abril.

Gráfico 1 - Quantidade de publicações por ano (2020-2024)



Fonte: Dados da pesquisa; dos autores.

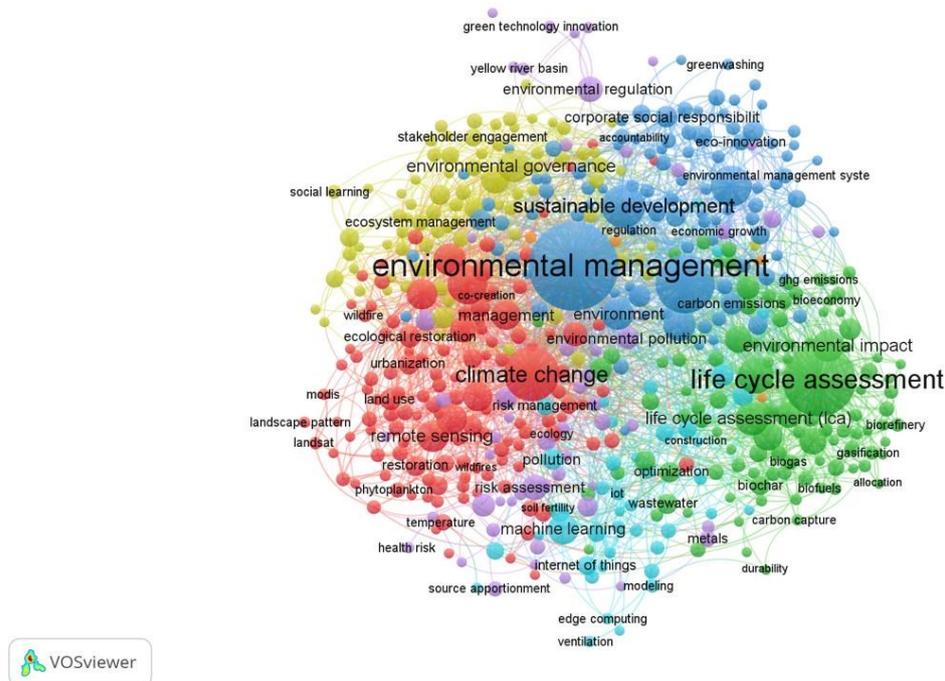
Dentro do período pesquisado, o ano de 2022 apresentou o maior número de publicações, com aproximadamente 1.200 produções, mas os anos de 2021 e 2023 não estão muito distantes desses resultados, e seguindo essa tendência espera-se que esse potencial de publicações se mantenha para o restante do ano de 2024, podendo até superar os resultados anteriores.

Alessandra da Silva **FERREIRA**
 Alynne da Silva **ANDRADE**
 Mariarita dos Santos **SILVA**
 Laercio Leal dos **SANTOS**

Análise do Uso das Palavras-Chave

Através do software VOSViewer foi gerado o mapa de ocorrência das palavras-chave (Figura 2) onde OBSERVA-SE com base na intensidade das cores, tamanhos e conexões, quais termos foram mais recorrentes entre os artigos pesquisados. Alguns campos específicos formam agrupamentos e podem ser identificados por uma ou mais palavras-chave. As palavras-chave *environmental management* (gestão ambiental), *life cycle assessment* (avaliação do ciclo de vida) e *climate change* (mudanças climáticas) possuem maior relevância em seus respectivos agrupamentos. Observa-se também, que outras palavras também se sobressaem, como *sustainable development* (desenvolvimento sustentável), *environmental governance* (governança ambiental), *urbanization* (urbanização) e *environmental impact* (impacto ambiental). A ocorrência de tais palavras apresenta sua importância em seus agrupamentos, refletindo o grau de significância que as mesmas possuem, constituindo-se em termos-chave na literatura pesquisada.

Figura 2 - Mapa de visualização de densidade de palavras-chave agrupadas



Fonte: Dados da pesquisa.; dos autores.

Os termos com maior intensidade, configurando uma maior frequência, entre os manuscritos encontrados, são em primeiro lugar *environmental management* (gestão ambiental) com

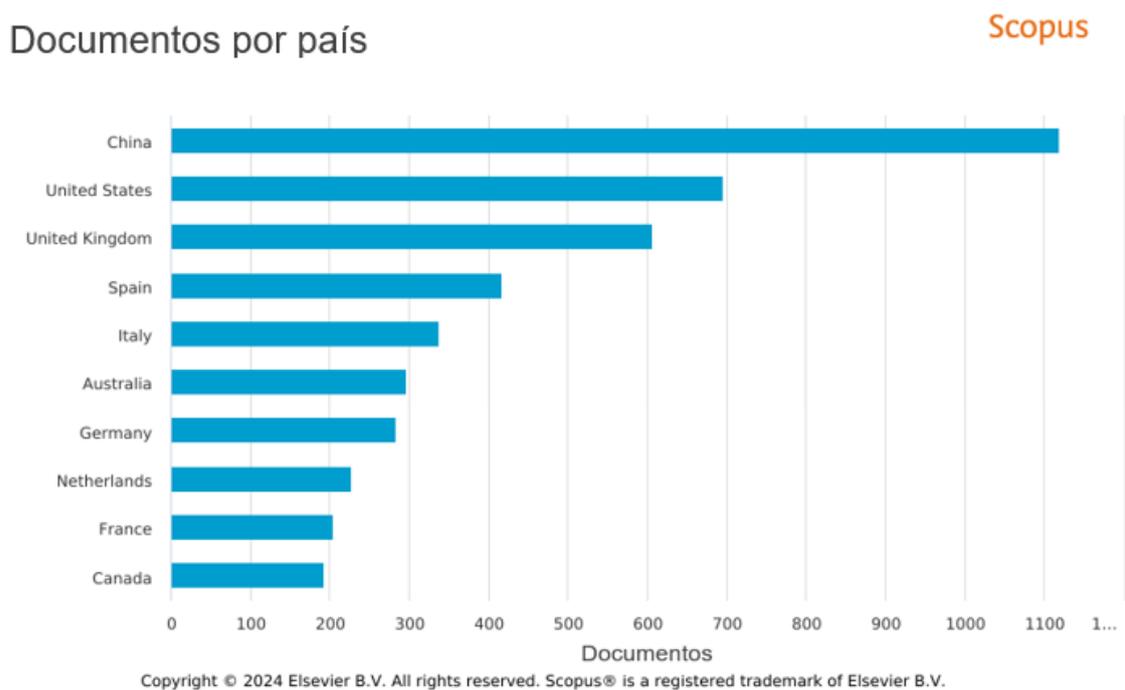
Alessandra da Silva **FERREIRA**
Alynne da Silva **ANDRADE**
Mariarita dos Santos **SILVA**
Laercio Leal dos **SANTOS**

453 ocorrências e 675 links associados; seguido de *life cycle assessment* (avaliação do ciclo de vida) com 284 ocorrências e 378 associações; e em terceiro lugar encontra-se *sustainable* (sustentabilidade) com 181 ocorrências e 330 associações de links. Outras palavras também apresentaram um elevado número de ocorrências e associações, tais como: *climate change* (mudanças climáticas), *sustainable development* (desenvolvimento sustentável) e *waste management* (gestão de resíduos), apresentando uma média de 105 e 184 ocorrências e links associados respectivamente.

Distribuição Espacial das Publicações

Conforme o Gráfico 2, através de uma análise da distribuição territorial dos estudos é possível observar que a China surge o maior número de publicações na área temática em questão com de 1.100 documentos publicados (23,2%), seguido pelos Estados Unidos com cerca de 700 produções (14,7%) e em terceira posição está o Reino Unido com aproximadamente 600 manuscritos publicados (12,6%).

Gráfico 2 - Distribuição espacial das publicações por países no período de 2020 - 2024



Fonte: Dados da pesquisa; dos autores.

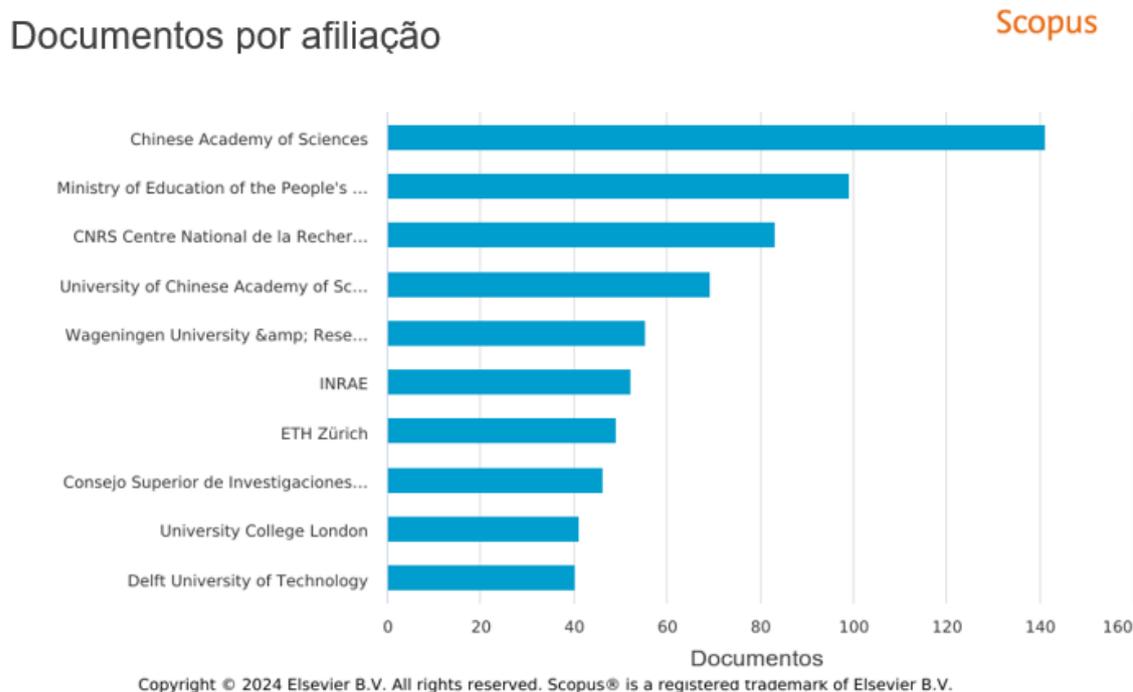
Alessandra da Silva **FERREIRA**
 Alynne da Silva **ANDRADE**
 Mariarita dos Santos **SILVA**
 Laercio Leal dos **SANTOS**

Sabendo que as instituições possuem fundamental importância para o avanço e desenvolvimento das pesquisas, contribuindo assim para o progresso tecnológico, científico e social, o gráfico 3 apresenta as principais instituições que desenvolvem e colaboram na temática abordada.

Como foi mencionado anteriormente e pode ser observado na figura 3, China, Estados Unidos e Reino Unido ocupam lugares de destaque no cenário mundial quanto a produção científica sobre a infiltração urbana para o meio subterrâneo. Os dados apontam que há um número significativo de parcerias internacionais nas pesquisas que estão sendo realizadas. Segundo Alves *et al.* (2023) acrescenta que as publicações que envolvem autores de distintas nacionalidades tendem a apresentar um maior impacto para a ciência.

Os países já citados como os que mais possuem números de publicações (China, EUA e Reino Unido) também encontram-se entre os que mais participam de cooperações internacionais, sendo apresentado um fluxo maior de conexões na figura 3.

Gráfico 3 - Principais instituições afiliadas a publicações sobre infiltração de águas urbanas para o meio subterrâneo no período 2020-2024



Fonte: Dados da pesquisa; dos autores.

Alessandra da Silva **FERREIRA**
Alynne da Silva **ANDRADE**
Mariarita dos Santos **SILVA**
Laercio Leal dos **SANTOS**

Dentre as dez instituições que foram apresentadas no gráfico 3, encontra-se em destaque a Chinese Academy of Sciences (CAS); em segunda posição está o Ministry of Education of the People's Republic of China (MEPRC) ambas da China; e o Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), da França, ocupa a terceira posição como as instituições que mais contribuem com as pesquisas e avanços tecnológicos na temática abordada. Essas cooperações entre países e instituições acadêmicas se fazem demasiada importante, visto que promovem a construção e disseminação do conhecimento científico, que aplicados em suas respectivas regiões, através dos dados encontrados, corroboram com pesquisas realizadas ao redor do mundo.

CONCLUSÃO

O estudo foi conduzido por meio de uma abordagem bibliométrica ampla, analisando a literatura sobre os temas "*Drenagem Urbana*", "*Recarga de Águas Subterrâneas*" e "*Gestão Ambiental*" e áreas afins. Utilizou-se o software *Vosviewer* para refinar os dados e realizar a análise. Consideramos artigos publicados em periódicos nas áreas de engenharia e ciências ambientais, indexados na plataforma SCOPUS, abrangendo o período de 2020 a 2024 (5 anos) produzindo uma amostra de 4.749 artigos científicos.

Nota-se uma tendência crescente no número de publicações no decorrer dos anos, com ápice no ano de 2022, no ano seguinte, 2023, é possível observar uma queda considerável no número de periódicos indexados na base de dados. Considerando que o presente estudo foi realizado em abril de 2024, não é possível determinar a tendência na publicação da temática para o último ano do período.

As palavras-chave *environmental management* (gestão ambiental), *life cycle assessment* (avaliação do ciclo de vida) e *climate change* (mudanças climáticas) foram as que apresentaram maior ocorrência, estando classificadas em primeiro, segundo e terceiro respectivamente.

Os países que se destacam mais significativamente na contribuição para a produção acadêmica sobre os temas de drenagem urbana e recarga de águas subterrâneas são China, Estados Unidos e Reino Unido, são esses mesmos países que também encontram-se entre os que mais participam de cooperações nas pesquisas internacionais. A Chinese Academy of Sciences (CAS); o Ministry of Education of the People's Republic of China (MEPRC) ambas chinesas; e o Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), francesa são as principais instituições que contribuem significativamente para as pesquisas e avanços tecnológicos na temática abordada.

Alessandra da Silva **FERREIRA**
Alynne da Silva **ANDRADE**
Mariarita dos Santos **SILVA**
Laercio Leal dos **SANTOS**

A utilização do software VOSViewer resultou em uma melhoria significativa no processo de divulgação e transparência das informações encontradas nos artigos utilizados nesta pesquisa. Isso permitiu adaptações rápidas, como a redução do tempo de análise dos artigos e o controle eficaz dos dados abertos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ronaldo F. A.; RUDKE, Anderson P.; MARTINS, Jorge Alberto; SANTOS, Maurício Moreira dos. Abordagens baseada na natureza para gestão sustentável de águas pluviais em ambientes urbanos: uma análise bibliométrica. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 9, n. 2, e48786, 2023. Dossiê Metodologias Qualitativas de Pesquisa e/ou Ação. DOI: <https://doi.org/10.5433/got.2023.v9.48786>. ISSN: 2358-1972, 2023.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 133, n. 6, p. 470, 9 jan. 1997.

KUMAR, Satsh; PANDEY, Neeraj; MARC LIM, Weng; CHATTERJEE, Akash Nil; PANDEY, Nitesh. What do we know about transfer pricing? Insights from bibliometric analysis. **Journal of Business Research**, Athens, Ga., v. 134, p. 275–287, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.05.041>

PEIXE, Adriana Maria Miguel; PINTO, José Simão de Paula. Bibliographic coupling and technological advance through the use vosviewer software. **Research, Society and Development**, Itabira, MG, v. 11, n. 9, p. e39711931650, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.31650. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31650>. Acesso em: 16 abr. 2024.

TUCCI, Carlos E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. Disponível em: https://assets.ctfassets.net/o78em1y1w4i4/EX1iy8VxBeQKf8aN2XzOp/c36f79db25484cb38a5972ad9a5472ec/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

Recebido em: maio de 2024

Aceito em: setembro de 2024