



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## AVANÇOS SUSTENTÁVEIS EM COMPÓSITOS FOTOCATALÍTICOS ANTIMICROBIANOS: UMA REVISÃO CIENCIOMÉTRICA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.I-020>

**Pâmela Herrera Dutra (\*), Romel Dias Vanderlei, Natalia Ueda Yamaguchi**

\* Universidade Estadual de Maringá, e-mail: pâmela-hd@hotmail.com.

### RESUMO

A incorporação de propriedades antimicrobianas em compósitos cimentícios tem se destacado como estratégia sustentável para mitigar a biodeterioração e riscos sanitários associados à colonização microbiana em superfícies porosas. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a evolução científica e identificar tendências e lacunas na área de compósitos fotocatalíticos antimicrobianos. A metodologia consistiu em uma revisão bibliométrica baseada em busca sistemática na *Web of Science* (2009–2025), seguida de análise bibliométrica no *software* VOSviewer. Os resultados evidenciam a consolidação do uso de semicondutores fotocatalíticos, com destaque para o  $\text{TiO}_2$ , e indicam lacunas relacionadas à concentração geográfica da produção científica, à predominância de estudos laboratoriais com limitada validação em condições reais, à baixa diversidade microbiana e à escassez de investigações sobre durabilidade funcional. Diante disso, destaca-se a necessidade de avanço de pesquisas aplicadas, com validação em ambientes reais, maior diversidade microbiana e avaliações de desempenho a longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desinfecção superficial, Edificações, Espécies reativas, Fotocatálise, Nanomateriais.

### ABSTRACT

The incorporation of antimicrobial properties into cementitious composites has emerged as a sustainable strategy to mitigate biodeterioration and sanitary risks associated with microbial colonization on porous surfaces. In this context, this study aims to analyze the scientific evolution and identify trends and research gaps in the field of antimicrobial photocatalytic cementitious composites. The methodology consisted of a scientometric review based on a systematic search in the *Web of Science* database (2009–2025), followed by bibliometric analysis using VOSviewer software. The results highlight the consolidation of photocatalytic semiconductors, particularly  $\text{TiO}_2$ , and reveal gaps related to the geographical concentration of scientific production, the predominance of laboratory-based studies with limited validation under real conditions, the low diversity of microorganisms investigated, and the scarcity of studies addressing the long-term durability of the antimicrobial effect. Therefore, the findings emphasize the need for advancing applied research, including validation in real environments, broader microbiological diversity, and long-term performance assessments.

**KEY WORDS:** Buildings, Nanomaterials, Photocatalysis, Reactive species, Surface disinfection.

### INTRODUÇÃO

A colonização biológica de superfícies de concreto e argamassa compromete a durabilidade dos materiais cimentícios, cuja porosidade favorece a formação de biofilmes e processos de biodeterioração. Além dos impactos físicos, essas superfícies podem atuar como reservatórios de microrganismos potencialmente patogênicos, ampliando riscos sanitários (LI et al., 2025).

O desenvolvimento de compósitos cimentícios com propriedades antimicrobianas intrínsecas alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs), especialmente o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar) e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). Nesse contexto, a incorporação de nanomateriais fotocatalíticos destaca-se pela geração de espécies reativas de oxigênio sob ativação luminosa, promovendo inativação microbiana (DERVISHI et al., 2025).

Diante da crescente expansão das pesquisas na área, observa-se a necessidade de sistematizar o conhecimento produzido, de modo a compreender a evolução do campo, identificar padrões de desenvolvimento científico e reconhecer lacunas que possam direcionar investigações futuras.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos analisar a evolução científica e identificar tendências e lacunas na produção sobre compósitos cimentícios fotocatalíticos com propriedades antimicrobianas, com ênfase nos avanços recentes, nos principais materiais empregados e nos desafios relacionados à aplicação prática desses sistemas.

## METODOLOGIA

Os dados bibliográficos foram obtidos por busca sistemática na *Web of Science* (2009-2025), utilizando os termos “*photocatal\**” combinados com “*concrete\**” e/ou “*cement\**”, aplicados aos campos *Topic* e *Title*. Após a triagem, foram mantidos apenas os estudos sobre concreto fotocatalítico com abordagem antimicrobiana. O mapeamento bibliométrico foi realizado no software VOSviewer (versão 1.6.20), avaliando-se documentos mais citados, coautoria de países e co-ocorrências de palavras, conforme a Figura 1.

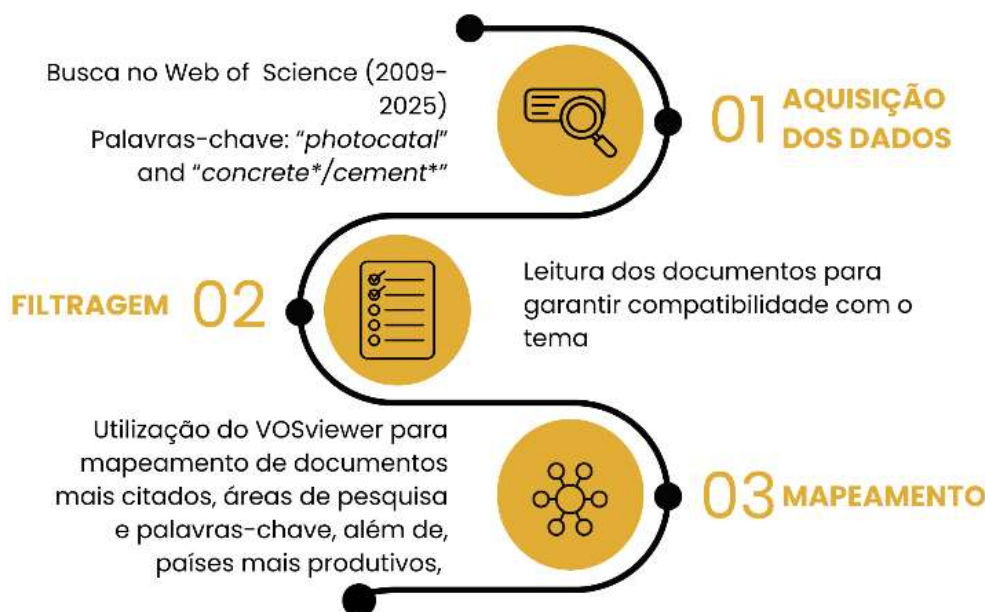


Figura 1: Esquematização da metodologia utilizada na análise cientiométrica. Fonte: Autores do trabalho.

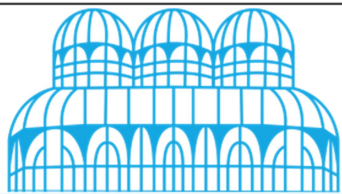
## RESULTADOS

### DOCUMENTOS MAIS CITADOS

Os documentos mais citados (Tabela 1) evidenciam a consolidação do concreto/argamassa fotocatalítica com enfoque antimicrobiano, principalmente a partir do emprego de semicondutores incorporados à matriz cimentícia

Tabela 1. Documentos mais citados. Fonte: Autores do trabalho.

Nº	Título	Periódico	TC	Ref.
1	The effects of silica/titania nanocomposite on the mechanical and bactericidal properties of cement mortars	Construction and Building Materials	82	(SIKORA et al., 2017)
2	Bacterial Inactivation on Concrete Plates Loaded with Modified TiO <sub>2</sub> Photocatalysts under Visible Light Irradiation	Molecules	30	(JANUS et al., 2019)
3	Mechanical and Antibacterial Behavior of Photocatalytic Lightweight Engineered Cementitious Composites	Journal of Materials in Civil Engineering	16	(HAMDANY; DING; QIAN, 2021)
4	Visible light antibacterial potential of cement mortar incorporating Cu-ZnO/g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> nanocomposites	RSC Advances	12	(LIU et al., 2023)



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



5 Nano-TiO<sub>2</sub> particles: a photocatalytic admixture to amp up the performance efficiency of cementitious composites

Sādhanā

12

(NAGANNA;  
JAYAKESH;  
ANAND, 2020)

TC= total de citações.

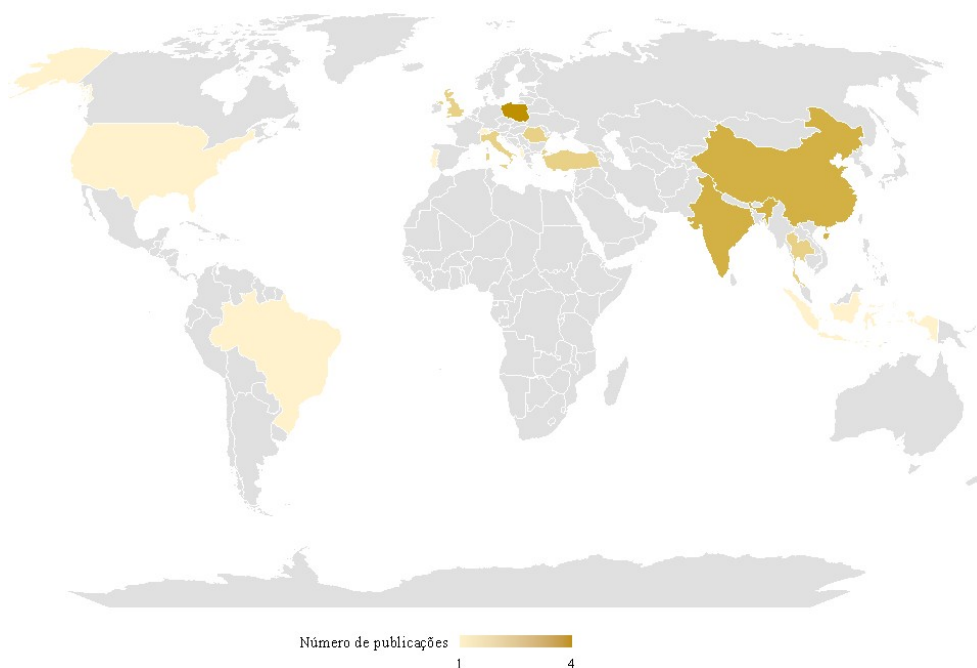
Sikora et al. (2017) demonstraram compósitos com sílica mesoporosa/ dióxido de titânio (mSiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>), explorando o TiO<sub>2</sub> como fase fotoativa (autolimpeza e efeito bactericida sob irradiação), enquanto Janus et al. (2019) mostraram que TiO<sub>2</sub> modificado amplia a inativação bacteriana sob luz visível em placas de concreto. Hamdany et al. (2021) estenderam essa abordagem a compósitos de alto desempenho com TiO<sub>2</sub> (P25), reforçando o potencial de superfícies cimentícias autodesinfetantes sob UV/Vis.

Avançando para materiais responsivos à luz visível, Liu et al. (2023) empregaram nitreto de carbono grafítico com modificação de cobre e óxido de zinco (Cu-ZnO/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) em argamassas fotocatalíticas, relacionando a eficiência antimicrobiana à geração de espécies reativas sob irradiação visível; em paralelo, Naganna et al. (2020) discutem o uso de nano-TiO<sub>2</sub> como adição fotoativa em compósitos cimentícios, associando multifuncionalidade e desempenho do material.

Em conjunto, os estudos evidenciam o uso de semicondutores fotocatalíticos, como TiO<sub>2</sub>, ZnO e g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, para conferir atividade antimicrobiana a compósitos cimentícios. Esses materiais possibilitam o desenvolvimento de superfícies fotocatalíticas com potencial de autolimpeza e desinfecção sob irradiação luminosa.

## PAÍSES MAIS PRODUTIVOS

A distribuição geográfica das publicações evidencia concentração da produção científica em poucos países, com destaque para Polônia, China e Índia, enquanto os demais apresentam contribuições pontuais, conforme Figura.



**Figura 2: Distribuição geográfica da produção acerca do concreto fotocatalítico antimicrobiano. Fonte: Autores do trabalho.**

Esse padrão revela assimetrias na participação global, com a pesquisa concentrada em poucos polos e baixa representatividade de estudos em climas tropicais. Considerando a influência de fatores ambientais nos mecanismos fotocatalíticos e antimicrobianos, os resultados indicam a necessidade de maior diversificação geográfica e de investigações sob diferentes condições ambientais.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## CO-OCORRÊNCIA DE PALAVRAS-CHAVE

A análise de coocorrência (Figura 3) indica “*cementitious composites*” como principal nó, associado a termos de desempenho (“*structural properties*”, “*durability*” e “*bond strength*”), evidenciando que os estudos relacionam funcionalização fotocatalítica e efeitos físico-mecânicos na matriz cimentícia. Entre os materiais identificados nas palavras-chave destaca-se “*titanium dioxide*”, com elevada ocorrência no mapeamento, evidenciando seu papel central como semicondutor fotocatalítico empregado na obtenção de propriedades antimicrobianas em compósitos cimentícios.

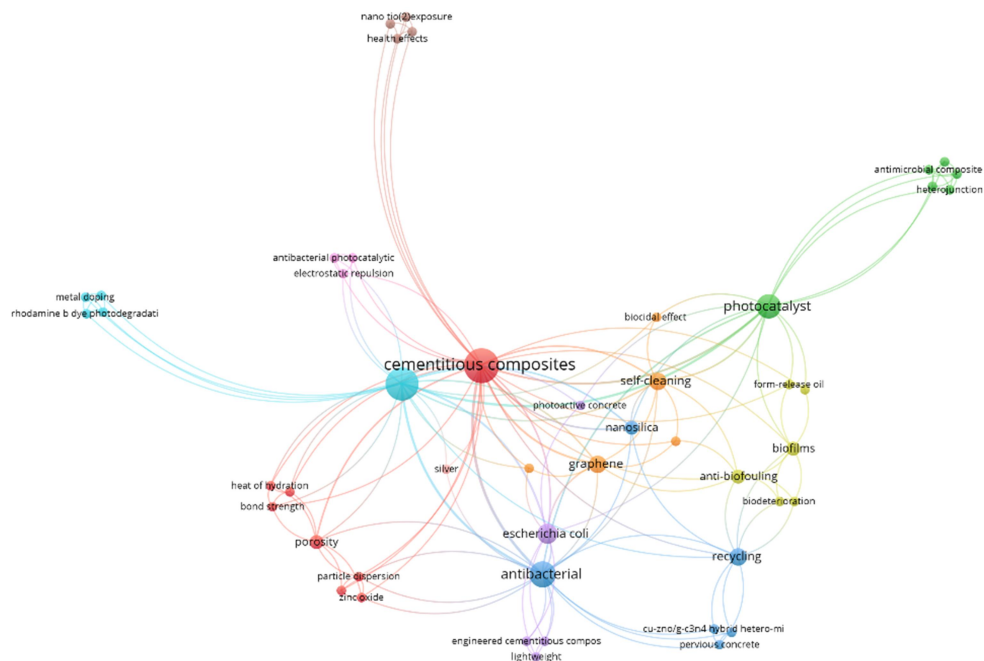


Figura 3: Mapeamento por cluster de co-ocorrência das palavras-chave. Fonte: Autores do trabalho.

Além do  $\text{TiO}_2$ , o mapeamento também evidencia a presença de outros materiais utilizados na funcionalização antimicrobiana, como *graphene*, *zinc oxide*, *silver* e sistemas híbridos como  $\text{Cu-ZnO/g-C}_3\text{N}_4$ , indicando a diversificação recente de semicondutores e nanomateriais empregados para ampliar a eficiência fotocatalítica e a geração de espécies reativas responsáveis pela inativação microbiana.

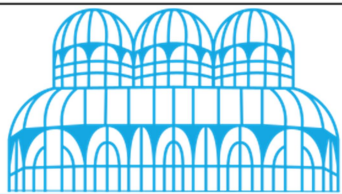
No cluster de mecanismos, observa-se forte interrelação entre “*photocatalyst*”, “*titanium dioxide*”, “*reactive oxygen species*” e “*visible light irradiation*”, refletindo o foco da literatura na compreensão dos processos fotocatalíticos e em estratégias de modificação, como “*metal doping*” e “*heterojunction*”. A recorrência de termos de caracterização estrutural, como “*xrd*” e “*crystalline size*”, reforça a importância da correlação entre microestrutura e desempenho funcional.

A dimensão microbiológica é representada por palavras-chave como “*antibacterial*”, “*bactericidal*”, “*Escherichia coli*”, “*fungi*”, “*biofilms*” e “*anti-biofouling*”, indicando predominância de investigações voltadas à inativação microbiana em condições laboratoriais. Em conjunto, o mapeamento revela lacunas associadas à limitada diversificação de microrganismos avaliados, à escassez de estudos em condições reais de exposição e à necessidade de investigações de durabilidade do efeito antimicrobiano.

## CONCLUSÕES

As principais lacunas identificadas foram:

- Concentração da produção científica em poucos países e escassez de estudos em climas tropicais;
- Predominância de investigações laboratoriais, com limitada validação em condições reais. Além de, diversificação microbiológica restrita, com foco em bactérias modelo;



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



- Insuficiência de estudos sobre durabilidade funcional do efeito antimicrobiano.

Recomenda-se, portanto, o avanço de pesquisas aplicadas, estudos em ambientes reais, maior diversidade microbiológica e avaliações de desempenho de longo prazo, especialmente em compósitos cimentícios funcionalizados com semicondutores fotocatalíticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DERVISHI, S.; KORPA, A.; GJYLI, S.; BRANQUINHO, R.; BAYDOGAN, N. Hybrid TiO<sub>2</sub>-Coated Cement Materials for Pathogen and Pollutant Inactivation: Focus on SARS-CoV-2. **CHEMISTRYSELECT**, v. 10, n. 38, 2025. DOI: 10.1002/slct.202504346.
2. HAMDANY, Abdul Halim; DING, Yuanzhao; QIAN, Shunzhi. Mechanical and Antibacterial Behavior of Photocatalytic Lightweight Engineered Cementitious Composites. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 33, n. 10, p. 04021262, 2021. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003886.
3. JANUS, M.; KUSIAK-NEJMAN, E.; ROKICKA-KONIECZNA, P.; MARKOWSKA-SZCZUPAK, A.; ZAJAC, K.; MORAWSKI, AW. Bacterial Inactivation on Concrete Plates Loaded with Modified TiO<sub>2</sub> Photocatalysts under Visible Light Irradiation. **MOLECULES**, v. 24, n. 17, 2019. DOI: 10.3390/molecules24173026.
4. LI, K.; YANG, ZX; LU, L.; LI, YM; WANG, WC; DUAN, JZ; MARANO, GC. The antibacterial and engineering properties of steel slag based pervious concrete incorporated with Cu-ZnO/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> hybrid hetero-microspheres. **CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS**, v. 460, 2025. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2025.139859.
5. LIU, Xiaomin; YANG, Zhengxian; LI, Kang; BRISEGHELLA, Bruno; MARANO, Giuseppe Carlo; XU, Jiankun. Visible light antibacterial potential of cement mortar incorporating Cu-ZnO/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanocomposites. **RSC Advances**, v. 13, n. 14, p. 9448–9456, 2023. DOI: 10.1039/D2RA08281K.
6. NAGANNA, Sujay Raghavendra; JAYAKESH, K.; ANAND, V. R. Nano-TiO<sub>2</sub> particles: a photocatalytic admixture to amp up the performance efficiency of cementitious composites. **Sādhanā**, v. 45, n. 1, p. 280, 2020. DOI: 10.1007/s12046-020-01515-x.
7. SIKORA, P.; CENDROWSKI, K.; MARKOWSKA-SZCZUPAK, A.; HORSZCZARUK, E.; MIJOWSKA, E. The effects of silica/titania nanocomposite on the mechanical and bactericidal properties of cement mortars. **CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS**, v. 150, p. 738–746, 2017. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.06.054.