

USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE CERÂMICAS

USE OF INDUSTRIAL WASTE IN CERAMICS PRODUCTION

Álvaro A. M. Costa^{1*}, Maria E. do M. M. Coelho¹, Hermerson K. L. Fortes¹, Francisco E. C. da Costa¹, Tobias A. do Nascimento¹, Jessica W. D. Pires², Maria C. G. e Silva², Walber A. Freitas², João P. M. Shica³, Valdivânia A. do Nascimento¹

1 - Laboratório de Ciências Avançadas (LAC-TEC), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí, Brasil.

2 – Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí, Brasil.

3 - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Santa Catarina, Brasil.

afonsocosta464@gmail.com

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar o reaproveitamento de resíduos industriais na produção de materiais cerâmicos, destacando seu potencial como estratégia sustentável e inovadora para a redução de impactos ambientais e a promoção da economia circular. A prospecção tecnológica adotou uma abordagem qualitativa, complementada por elementos quantitativos, como a organização de dados em tabelas e a identificação de padrões de publicação, autores recorrentes e áreas de aplicação em destaque. A pesquisa bibliográfica foi conduzida em bases científicas como Web of Science, Scopus, SciELO e ScienceDirect, escolhidas pela relevância nas áreas de engenharia e ciência dos materiais. Foram utilizados termos de busca em inglês, sem delimitação inicial de período, abrangendo tanto estudos fundacionais quanto pesquisas recentes. Os resultados demonstraram o crescente interesse científico pelo tema, especialmente em publicações em inglês. A reutilização de diversos resíduos industriais como escórias metalúrgicas, rejeitos cerâmicos, plásticos, lodos e resíduos de mineração mostrou-se viável na produção de cerâmicas e vitrocerâmicas com boas propriedades mecânicas, térmicas e químicas. Esses materiais também contribuem para a imobilização de elementos tóxicos, ampliando seu desempenho ambiental. Fatores como composição química, granulometria, temperatura de sinterização e rota de processamento influenciam diretamente a qualidade do produto final. Os achados confirmam que a incorporação de resíduos industriais na produção cerâmica é uma alternativa viável e estratégica para o desenvolvimento sustentável, especialmente no setor da construção civil, promovendo a valorização de subprodutos, a redução do consumo de matérias-primas naturais e o avanço de tecnologias limpas.

Palavras-chave: *Produção, cerâmica, resíduos e industrial.*

ABSTRACT

his study aims to analyze the reuse of industrial waste in the production of ceramic materials, emphasizing its potential as a sustainable and innovative strategy to reduce environmental impacts and promote the circular economy. The technological prospection adopted a qualitative approach, complemented by quantitative elements, including the organization of data into tables and the identification of publication patterns, key authors, and highlighted areas of application. The bibliographic survey was conducted using scientific databases such as Web of Science, Scopus, SciELO, and ScienceDirect, selected for their relevance in the fields of engineering and materials science. Keywords in English were used to retrieve documents without an initial date restriction, ensuring the inclusion of both foundational and recent studies. The results demonstrated an increasing scientific interest in this topic, particularly in English-language publications. The reuse of various industrial residues—such as metallurgical slags, ceramic waste, plastics, sludge, and mining tailings—has been shown to be viable in the production of ceramics and glass-ceramics with favorable mechanical, thermal, and chemical properties. These materials also contribute to the immobilization of toxic elements, improving their environmental performance. Factors such as chemical composition, particle size, sintering temperature, and processing route significantly influence the final product's quality. The findings confirm that incorporating industrial waste into ceramic production is a feasible and strategic alternative for sustainable development, especially in the construction sector. It promotes the valorization of by-products, reduces the consumption of natural raw materials, and supports the advancement of cleaner and more environmentally responsible technologies.

Keywords: *Production, ceramic, waste and industrial.*

INTRODUÇÃO

O uso de resíduos industriais na produção de cerâmicas tem se destacado como uma estratégia inovadora e sustentável para diminuir o impacto ambiental e dar um impulso à economia circular. As indústrias geradoras de resíduos, com a metalúrgica, cerâmica e plástica, produzem grandes quantidades de subprodutos, muitos dos quais podem ser reaproveitados como matérias-primas na fabricação de novos materiais. O reaproveitamento desses despojos não só reduz a quantidade de resíduos destinados a aterros, mas também diminui a necessidade de recursos naturais, contribuindo com o desenvolvimento mais sustentável da indústria.

Estudos demonstram que resíduos industriais, como escórias de processos metalúrgicos, plásticos e rejeitos cerâmicos, podem ser aproveitados na fabricação de cerâmicas e vidro-cerâmicas com boas propriedades mecânicas, térmicas e químicas. Segundo Kritikaki, Zaharaki e Komnitsas (2016), resíduos inorgânicos podem ser transformados em produtos com valor agregado por meio da produção de vidro-cerâmicas, promovendo a imobilização de elementos potencialmente tóxicos [1].

Complementarmente, Lawanwadeekul et al. (2025) analisaram o reaproveitamento de resíduos cerâmicos industriais e plásticos locais, verificando que é possível obter materiais de construção com desempenho satisfatório, ao mesmo tempo em que se contribui para a gestão adequada de resíduos sólidos urbanos e industriais [2]. Semelhante ao que foi citado anteriormente, Ozturk et al. (2025) destacam a viabilidade do uso de bicos de zircônia descartados na produção de revestimentos cerâmicos, reforçando o potencial ecológico desse tipo de aplicação [3].

No que se refere ao uso de escórias industriais como matéria-prima cerâmica, Hou et al. (2025) demonstraram que resíduos como escória de cromo, cobre e silício-manganes podem ser empregados na produção de azulejos pretos, contribuindo tanto para a estética quanto para a contenção de metais pesados [4]. Já Yang et al. (2025) evidenciam a eficácia da combinação de escória de chumbo e zinco com lama vermelha na produção de vidro-cerâmicas com propriedades adequadas e capacidade de imobilização de contaminantes [5].

Dessa forma, o uso de resíduos industriais na produção de materiais cerâmicos representa uma estratégia tecnológica e ambientalmente viável, permitindo a reutilização de subprodutos industriais em larga escala e contribuindo para a sustentabilidade da cadeia produtiva da construção civil.

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica priorizou os aspectos qualitativos, com o objetivo de compreender as abordagens existentes sobre o aproveitamento de resíduos industriais na produção de materiais cerâmicos. Embora a ênfase tenha sido descritiva, a análise também incorporou elementos quantitativos, por meio da organização de dados em tabelas e da identificação de padrões de publicação, autores recorrentes e áreas de aplicação destacadas.

A coleta de dados foi realizada a partir de uma busca sistemática de publicações científicas em bases de dados reconhecidas pela relevância e abrangência no campo das engenharias e ciências dos materiais, incluindo Web of Science, Scopus, SciELO e ScienceDirect. A escolha dessas plataformas se justificou pela diversidade de periódicos indexados e pela possibilidade de acesso a estudos atualizados sobre reciclagem, sustentabilidade e inovação tecnológica aplicada a materiais cerâmicos.

Foram utilizados termos de busca em português e inglês, selecionados de acordo com os objetivos da prospecção, incluindo: "produção", "cerâmica", "resíduos" e "industrial". A busca contemplou documentos que apresentassem essas expressões nos títulos, resumos ou palavras-chave, sem delimitação inicial de período de publicação, a fim de abranger tanto estudos fundacionais quanto inovações recentes.

A triagem dos documentos recuperados foi conduzida inicialmente pela leitura dos títulos e resumos e, posteriormente, pela leitura completa dos artigos selecionados, com o intuito de assegurar a relevância e a aderência ao escopo da pesquisa. As informações sistematizadas incluíram tipos de resíduos utilizados, rotas de processamento cerâmico, propriedades obtidas nos materiais finais e benefícios ambientais associados à substituição de matérias-primas convencionais.

Essa abordagem possibilitou mapear as principais tendências na utilização de resíduos industriais como matérias-primas cerâmicas, identificar os desafios técnicos mais recorrentes e compreender o papel dessa prática no desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental e potencial para aplicações na construção civil e em revestimentos funcionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os bancos de dados utilizados para a realização das pesquisas relacionadas ao uso de resíduos industriais na produção de cerâmicas foram as plataformas de periódicos científicos Web of Science™ (Coleção Principal da Clarivate Analytics), Scopus (Elsevier), SciELO (Scientific Electronic Library Online) e ScienceDirect (Elsevier). As buscas sistemáticas nessas bases permitiram mapear as metodologias empregadas, os tipos de resíduos incorporados aos corpos cerâmicos, as rotas de processamento aplicadas e as tendências atuais de aplicação

desses materiais em contextos industriais e ambientais. A utilização dessas plataformas garantiu o acesso a estudos atualizados e de alta relevância, possibilitando uma visão abrangente sobre o aproveitamento de resíduos como alternativa sustentável na formulação de materiais cerâmicos.

Fonte: Autoria Própria (2025).

Palavras Chaves	Scopus	SciLO	Science Direct	Web of Science
Produtcion	4327275	75632	1000000+	3937705
Production and ceramic	31532	435	255810	28519
Production and ceramic and waste	3787	98	74349	3483
Production and ceramic and waste and industrial	1204	24	51214	1153

Tabela 1 – Mapeamento com palavras-chave com relação aos artigos para a busca de anterioridade.

Os dados da tabela 1 indicam uma evolução no interesse científico pelo uso de resíduos industriais na produção de cerâmicas. A busca ampla por “Production” apresentou milhões de resultados, mas ao refinar os termos para “Production and ceramic and waste and industrial”, os números diminuem significativamente, com 1.204 resultados na Scopus, 1.153 na Web of Science, 24 na SciELO e 51.214 na ScienceDirect. Isso demonstra que, embora ainda seja um campo em desenvolvimento, há um crescimento consistente nas publicações voltadas à utilização de resíduos industriais em materiais cerâmicos, refletindo o avanço da sustentabilidade na engenharia de materiais.

Fonte: Autoria Própria (2025)

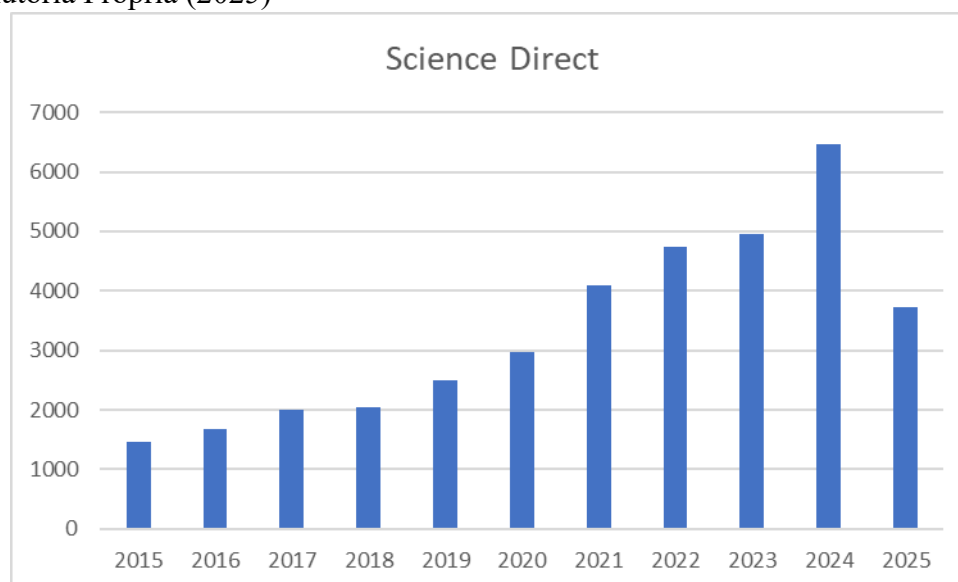


Gráfico 1 – Referente às publicações feitas por ano no site Science Direct.

A gráfico apresenta a evolução anual das publicações científicas sobre o uso de resíduos industriais na produção de cerâmicas, conforme dados obtidos na base Science Direct. Observa-se uma tendência de crescimento contínuo entre os anos de 2015 e 2024, destacando-se 2024 como o ano com maior número de publicações, ultrapassando 6.400 registros. Esse aumento

expressivo reflete o amadurecimento da área e o crescente interesse da comunidade científica em desenvolver materiais cerâmicos sustentáveis a partir de resíduos industriais. A queda registrada em 2025 pode ser atribuída ao fato de o ano ainda estar em curso no momento da coleta dos dados, o que justifica a menor quantidade de publicações indexadas até então. Esses resultados indicam a consolidação do tema como uma linha de pesquisa relevante e estratégica no contexto da economia circular e das tecnologias limpas aplicadas à engenharia de materiais.

Fonte: Autoria Própria (2025)

Idiomas 1	Science Direct
Inglês	51217
Portugues	0
Espanhol	1
Francês	12
Alemão	4

Tabela 2: Referente às publicações feitas por línguas no site Science Direct.

A análise da tabela 2 das publicações científicas sobre o uso de resíduos industriais na produção de cerâmicas, disponíveis na base de dados *ScienceDirect*, revela uma predominância expressiva de artigos redigidos em inglês, totalizando 51.217 registros. Esse número destaca o inglês como o idioma predominante na comunicação científica internacional nesse campo de estudo. Em contraste, observa-se uma presença praticamente inexistente de publicações em português, além de números bastante reduzidos em outros idiomas: espanhol (1), francês (12) e alemão (4). Esses dados evidenciam a centralidade da língua inglesa na disseminação do conhecimento científico sobre o tema, indicando que pesquisadores interessados em acompanhar os avanços da área precisam recorrer majoritariamente a publicações internacionais.

CONCLUSÕES

O presente levantamento evidencia a expansão e a relevância crescente do campo voltado à produção de cerâmicas sustentáveis com a incorporação de resíduos industriais como matéria-prima alternativa. Nas últimas décadas, o aumento expressivo no volume de publicações científicas, especialmente entre 2015 e 2024, reflete o interesse global em soluções que promovam a economia circular e reduzam os impactos ambientais gerados por resíduos sólidos industriais. A análise bibliográfica demonstrou uma produção científica robusta, com predominância de artigos publicados em inglês — totalizando 51.217 registros na base Science Direct. Os dados também revelam uma escassa produção científica em português, com nenhuma publicação registrada, e participação muito reduzida de idiomas como espanhol (1), francês (12) e alemão (4).

Essa centralidade do inglês na comunicação científica reforça a importância de internacionalização para pesquisadores da área. Os estudos apontam que a incorporação de resíduos como escórias, lamas e rejeitos cerâmicos permite a fabricação de materiais com boas propriedades mecânicas, térmicas e ambientais, contribuindo para a imobilização de elementos tóxicos e redução do consumo de matérias-primas virgens. A continuidade e aprofundamento dessas pesquisas são estratégicos para o avanço tecnológico da indústria cerâmica e para o

fortalecimento de práticas sustentáveis no setor da construção civil e demais aplicações tecnológicas.

REFERÊNCIAS

- [1] **KRITIKAKI, Anna; ZAHARAKI, Dimitra; KOMNITSAS, Kostas.** Valorization of industrial wastes for the production of glass–ceramics. *Waste and Biomass Valorization*, v. 7, p. 885–898, 2016. DOI: 10.1007/s12649-016-9480-x.
- [2] **LAWANWADEEKUL, Siwat; BUNMA, Mattika; KATTIYAWARA, Kattiya; SILLAPAPIROMSUK, Sopittaporn; PHONPHUAK, Nonthaphong.** Upcycling ceramic industrial and local plastic waste into alternative construction materials focusing on performance and material utilization. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 2025, p. 145337, 2025. DOI: [10.1016/j.jclepro.2025.145337](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145337).
- [3] **OZTURK, Zahide Bayer; KARACA, Yusuf; KURAMA, Semra; UBAY, Elif; CENGİZ, Ugur.** Utilizing waste zirconia nozzles for eco-friendly ceramic tile production. *Journal of Ceramic Processing Research*, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 43–50, 2025. DOI: [10.36410/jcpr.2025.26.1.43](https://doi.org/10.36410/jcpr.2025.26.1.43).
- [4] **HOU, Yanglai; YU, Jiajie; ZHENG, Dingli; XU, Ju; MA, Guojun; KHOJIEV, Shokhrukh; KADIROV, Nodir.** Preparation and chromatic performance of black ceramic tiles from chromium slag, copper slag and silicon manganese slag. *Journal of Ceramic Processing Research*, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 139–147, 2025. DOI: [10.36410/jcpr.2025.26.1.139](https://doi.org/10.36410/jcpr.2025.26.1.139).
- [5] **YANG, Ruihao; WANG, Zixuan; WANG, Zerong; WANG, Xingyuan; ZENG, Heping; WANG, Jiancheng; CEN, Qihong; ZHOU, Tao; LI, Bin; LIU, Zewei.** Properties and heavy metals immobilization mechanism of glass-ceramics derived from lead zinc slag and red mud. *Chemical Engineering Journal*, [S.l.], v. 508, p. 161156, mar. 2025. DOI: [10.1016/j.cej.2025.161156](https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.161156).