

**VALORIZAÇÃO DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO (ADF) A PARTIR DO CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR****VALORIZATION OF WASTE FOUNDRY SAND (WFS) BASED ON THE CIRCULAR ECONOMY CONCEPT****VALORIZACIÓN DE LA ARENA DE FUNDICIÓN DE DESCARTE (AFD) A PARTIR DEL CONCEPTO DE ECONOMÍA CIRCULAR**Ivair José Sbroio¹, Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira²

e768353

<https://doi.org/10.47820/recima21.v7i6.8353>

PUBLICADO: 06/2026

RESUMO

A indústria de fundição desempenha um papel fundamental na manufatura global, sendo indispensável para diversos setores produtivos. Entretanto, essa atividade é responsável pela grande geração de resíduos sólidos, destacando-se a Areia Descartada de Fundição (ADF) como o passivo ambiental mais volumoso do setor. Atualmente, o descarte convencional, que é centralizado em aterros industriais e sanitários, não apenas representa um desafio logístico e econômico, mas também gera riscos ecológicos significativos. Diante desse cenário, este trabalho objetiva investigar estratégias de valorização da ADF, fundamentando-se nos princípios da Economia Circular (EC) para promover a transição do material de "resíduo" para "subproduto" de valor agregado. A metodologia adotada consistiu em uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL), que permitiu sintetizar o conhecimento atual e identificar lacunas sobre a viabilidade técnica do reaproveitamento. Os resultados indicaram que a ADF possui elevado potencial de associação industrial, com destaque para sua aplicação na construção civil. Evidenciou-se que a substituição de agregados miúdos naturais por ADF em proporções de até 30% garante a manutenção das propriedades mecânicas e de durabilidade, atendendo aos requisitos normativos para diversos fins. Conclui-se que a reintegração desse material na cadeia produtiva ultrapassa a simples mitigação de impactos ambientais; ela consolida a sustentabilidade corporativa e reduz custos com extração de matérias-primas virgens, fechando o ciclo técnico do material e alinhando o setor às metas globais de desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Economia circular. Sustentabilidade. Resíduo.**ABSTRACT**

The foundry industry plays a fundamental role in global manufacturing, being indispensable for various production sectors. However, this activity is responsible for the generation of large volumes of solid waste, with Waste Foundry Sand (WFS) standing out as the sector's most voluminous environmental liability. Currently, conventional disposal, which is centralized in industrial and sanitary landfills, not only represents a logistical and economic challenge but also generates significant ecological risks. In light of this scenario, this study aims to investigate WFS valorization strategies, grounded in Circular Economy (CE) principles, to promote the transition of the material from "waste" to an "added-value byproduct." The adopted methodology consisted of an Integrative Literature Review (ILR), which allowed for synthesizing current knowledge and identifying gaps regarding the technical feasibility of reuse. The results indicated that WFS has high potential for industrial symbiosis, with an emphasis on its application in civil construction.

¹ IFSP, Mestre.² Unicamp, Doutora.



It was evidenced that replacing natural fine aggregates with WFS in proportions of up to 30% ensures the maintenance of mechanical properties and durability, meeting normative requirements for various purposes. It is concluded that the reintegration of this material into the production chain goes beyond simple environmental impact mitigation; it consolidates corporate sustainability and reduces costs associated with the extraction of virgin raw materials, closing the material's technical cycle and aligning the sector with global sustainable development goals.

KEYWORDS: *Circular economy. Sustainability. Waste.*

RESUMEN

La industria de la fundición desempeña un papel fundamental en la manufactura global, siendo indispensable para diversos sectores productivos. Sin embargo, esta actividad es responsable de la gran generación de residuos sólidos, destacándose la Arena de Fundición de Descarte (AFD) como el pasivo ambiental más voluminoso del sector. Actualmente, el descarte convencional, centrado en vertederos industriales y sanitarios, no solo representa un desafío logístico y económico, sino que también genera riesgos ecológicos significativos. Ante este escenario, este trabajo tiene como objetivo investigar estrategias de valorización de la AFD, fundamentándose en los principios de la Economía Circular (EC) para promover la transición del material de "residuo" a "subproducto" de valor agregado. La metodología adoptada consistió en una Revisión Integrativa de la Literatura (RIL), que permitió sintetizar el conocimiento actual e identificar brechas sobre la viabilidad técnica del reaprovechamiento. Los resultados indicaron que la AFD posee un elevado potencial de simbiosis industrial, destacándose su aplicación en la construcción civil. Se evidenció que la sustitución de agregados finos naturales por AFD en proporciones de hasta el 30% garantiza el mantenimiento de las propiedades mecánicas y de durabilidad, cumpliendo con los requisitos normativos para diversos fines. Se concluye que la reintegración de este material en la cadena productiva va más allá de la simple mitigación de impactos ambientales; consolida la sostenibilidad corporativa y reduce los costos de extracción de materias primas vírgenes, cerrando el ciclo técnico del material y alineando al sector con las metas globales de desarrollo sostenible.

PALABRAS-CLAVE: *Economía circular. Sostenibilidad. Residuos.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria de fundição desempenha um papel estratégico na cadeia produtiva global, fornecendo componentes essenciais para setores como o automotivo, de infraestrutura e de bens de capital (Li *et al.*, 2020). No entanto, tal processo produtivo é intensivo no uso de recursos naturais e gera um volume massivo de resíduos sólidos. Entre os resíduos, a Areia Descartada de Fundição (ADF) destaca-se como o passivo ambiental mais significativo, visto que, após sucessivos ciclos de moldagem, o material perde as propriedades tecnológicas necessárias, resultando em grandes quantidades de descarte (Ashish *et al.*, 2023).

Historicamente, o manejo da ADF tem se limitado ao depósito em aterros industriais. Todavia, essa prática enfrenta pressões crescentes devido à saturação das áreas de descarte, ao aumento dos custos logísticos e ao rigor das legislações ambientais. Paralelamente, a



construção civil consome grandes volumes de agregados naturais, gerando impactos severos na extração de areia em leitos de rios (Manikandan; Murali, 2025; Zhang; Chen; Gao, 2021).

Nesse contexto, a convergência entre a necessidade de destinação da ADF e a demanda por insumos na construção civil encontra no conceito de Economia Circular (EC) o suporte teórico e prático para transformar um resíduo de baixo valor em um subproduto industrial valorizado (Sheshadri *et al.*, 2024; Sreevalli; Vignesh, 2025). Apesar do potencial técnico da ADF, o setor produtivo ainda encontra barreiras para a sua ampla reutilização, muitas vezes pela falta de uma direção clara sobre os limites de substituição que garantam o desempenho mecânico (Ashish *et al.*, 2023).

Estudos indicam que substituições em torno de 30% a 45%, em materiais cimentícios, podem maximizar a resistência, mas teores superiores tendem a reduzir as propriedades mecânicas devido ao aumento da porosidade (Kandasamy; Arulselvan, 2024; Manikandan; Murali, 2025).

Diante das barreiras encontradas, evidencia-se a necessidade de compreender as contribuições da valorização da ADF, sob a ótica da EC, como estratégia para a mitigação de impactos ambientais e para a garantia da viabilidade técnica de argamassas e concretos.

A justificativa deste estudo pauta-se na urgência de soluções para a sustentabilidade industrial. A substituição de agregados miúdos naturais por ADF não apenas mitiga o passivo ambiental das fundições, mas também preserva ecossistemas afetados pela mineração de areia.

Além disso, a análise fundamentada na EC permite avaliar a redução da pegada de carbono (CO₂) e do consumo energético incorporado nos materiais de construção, alinhando a pesquisa às metas globais de desenvolvimento sustentável e oferecendo ao setor da engenharia civil alternativas de baixo custo e alta eficiência (Marathe; Sheshadri; Nikolaiev, 2025; Zhang *et al.*, 2025). Sob essa perspectiva de otimização ambiental e técnica, surge a necessidade rápida de sistematizar o conhecimento científico para validar o potencial de resíduos industriais específicos em novos ciclos produtivos.

Diante desse cenário, o presente estudo propõe-se a investigar, por meio de uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL), as estratégias de valorização da ADF como substituto de agregados naturais, fundamentando-se nos princípios da EC para promover a sustentabilidade na construção civil.

Para alcançar o propósito desta pesquisa, os objetivos específicos buscam, primeiramente, identificar as principais características físicas e químicas da ADF que influenciam seu comportamento em matrizes cimentícias, bem como analisar o impacto da substituição de agregados naturais por esse material, em proporções de até 30%, nas propriedades mecânicas



e de durabilidade. Adicionalmente, o estudo visa verificar o potencial de redução de impactos ambientais, como as emissões de CO₂ e o consumo de energia, decorrentes da simbiose industrial entre os setores de fundição e construção civil. Por fim, pretende-se correlacionar os achados da literatura com os pilares da EC, de modo a evidenciar o fechamento do ciclo técnico do material.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria de fundição gera volumes massivos de resíduos sólidos, sendo a ADF frequentemente destinada a aterros. Essa prática contínua representa um desafio financeiro e ambiental devido à contaminação por metais perigosos, como cromo, manganês e níquel (Nyembwe *et al.*, 2026a).

Estudos demonstram que esses contaminantes metálicos se concentram quase inteiramente nas frações finas da areia, menores que 150 µm. Em contrapartida, as frações mais grossas apresentam baixa lixiviação e características químicas comparáveis às da areia virgem (Nyembwe *et al.*, 2026a). Dessa forma, tratamentos simples de segregação por tamanho podem reduzir expressivamente o risco ambiental do resíduo, o que torna a maior parte do material apta para reuso seguro, apoiando operações mais verdes e reduzindo os custos de destinação.

Ao viabilizar o reuso da ADF, a prática vai ao encontro da EC que busca mitigar o uso de recursos naturais e evitar o descarte de subprodutos industriais em aterros. Nesse contexto, a simbiose industrial propõe que os resíduos de uma indústria sejam aproveitados como recursos valiosos por outra (Bardini *et al.*, 2025; Machado, 2023).

A valorização da ADF proporciona um prolongamento do seu ciclo de vida, reintegrando o material em novas cadeias produtivas e promovendo a sustentabilidade material. Avaliações multicritério como as de Machado (2023) comprovam o elevado potencial desse resíduo para aplicação em larga escala.

O setor de infraestrutura viária demanda grandes volumes de agregados, sendo um campo ideal para a valorização em larga escala da ADF. A incorporação de 25% a 50% de ADF em bases e sub-bases rodoviárias apresenta ótimo desempenho, especialmente combinada com cal hidratada (Bardini *et al.*, 2025). Em misturas asfálticas a quente, a adição de 10% de ADF atende adequadamente aos limites normativos de vazios e estabilidade. Avaliações de ciclo de vida mostram que essas aplicações mitigam emissões de CO₂ equivalente em até 77% (Gambalunga, 2023; Marathe; Sheshadri; Nikolaiev, 2025).



Estudos de Gambalunga (2023), Marathe, Sheshadri e Nikolaiev (2025) e Sithole (2026) apontaram que o uso da ADF em massas asfálticas, blocos estruturais e pavimentos intertravados destaca-se como as rotas mais favoráveis do ponto de vista ambiental e econômico. Pesquisas indicaram que níveis mais elevados de substituição, aplicados em pavimentos, situados na faixa de 40% a 50%, otimizam a microestrutura, a coesão das partículas e o empacotamento da matriz. Nesses níveis de troca, os estudos relataram ganhos de desempenho mecânico, podendo promover incrementos de até 58% na resistência em relação aos traços de referência (Ashish *et al.*, 2023; Kandasamy; Arulselvan, 2024; Bardini *et al.*, 2025).

Diante desse cenário, a construção civil é um dos setores mais promissores para absorver a ADF, que, por ser rica em sílica, atua como boa substituta para a areia natural. O uso de até 35% de ADF no concreto melhora a resistência à compressão, à tração e à flexão da matriz (Manikandan; Murali, 2025).

A ADF também compõe sistemas cimentícios de baixo carbono e geopolímeros curados em temperatura ambiente. A introdução controlada de ADF nessas misturas preserva a trabalhabilidade e garante durabilidade com baixa absorção de água (Thatikonda *et al.*, 2026). Além disso, existem estudos de sucesso que aplicam 100% de substituição da areia manufaturada por ADF na produção de tijolos ecológicos não queimados (Sreevalli; Vignesh, 2025).

A estabilização da ADF com aglomerantes, como o cimento, aumenta consideravelmente o módulo resiliente do resíduo compactado. Isso permite que o material atenda às rígidas exigências de rigidez de pavimentos que a areia pura não atingiria (Heidemann *et al.*, 2025).

A ADF demonstra viabilidade em aplicações geoambientais, como na formulação de Tecnosolos para cobertura de aterros sanitários. Essa abordagem materializa os princípios da EC ao evitar que um grande volume de coproduto industrial seja descartado como rejeito. Ao invés disso, a ADF é reintroduzida como matéria-prima com função tecnológica, substituindo a extração predatória de solos naturais e reduzindo o passivo ambiental das fundições. O Quadro 1 mostra que composições combinando 90% de ADF com biossólidos evidenciaram excelentes propriedades geotécnicas e suporte ao crescimento vegetal (Fernández-Caliani *et al.*, 2024).



Quadro 1. Dados da mistura 90% areia de fundição + 10% lodo de lavagem de agregados mostrando propriedades geotécnicas ótimas para construção de camada protetora de aterro sanitário

Parâmetro	Resultado	Significado
Densidade máxima seca	1,77 g/cm ³	Boa compatibilidade
Índice de vazios	0,4	Estrutura densa
CBR (Índice de Suporte Califórnia)	23,2%	Capacidade de suporte adequada
Coesão	40 kPa	Resistência ao cisalhamento
Ângulo de atrito interno	30°	Resistência ao cisalhamento
Coefficiente de permeabilidade	1,48 × 10 ⁻⁶ cm/s	Permeabilidade baixa — essencial para cobertura de aterro

Fonte: Fernández-Caliani *et al.* (2024)

Testes toxicológicos atestam o alto nível de segurança biológica da ADF para a produção de substitutos de solo. Sementes germinadas nesses substratos não registraram estresse oxidativo significativo decorrente da presença da areia (Borgulat; Borgulat; Głodniok, 2024).

Por fim, frações de ADF ricas em alumínio podem ser empregadas na fabricação de concretos refratários. A adição de 5% desse subproduto melhora a coesão sem comprometer a densidade, poupando a extração de recursos virgens (López-Perales *et al.*, 2025).

3. METODOLOGIA

A análise deste estudo foi feita com base na revisão de artigos científicos sobre ADF e EC publicados em periódicos científicos e consulta em sites especializados na indústria de fundição como a Associação Brasileira das Indústrias de Fundição (ABIFA).

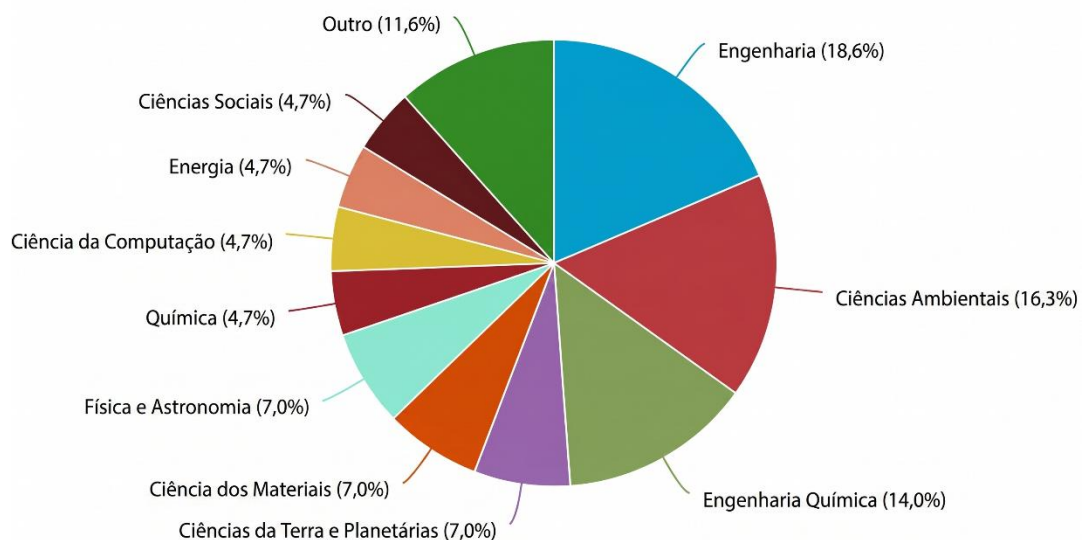
A revisão da literatura considerou artigos de periódicos indexados na base de dados Scopus. A *string* de busca utilizada foi "TITLE-ABS-KEY (("circular economy") AND ("Waste foundry sand" OR "Spent Foundry sand" OR "WFS"))", resultando inicialmente em um conjunto de 24 documentos publicados nos últimos 10 anos (2020-2026).

Após a triagem inicial, fundamentada na leitura de títulos e resumos, dois artigos foram excluídos por não contemplarem a temática da economia circular nessas seções.

Consequentemente, 22 estudos preencheram os critérios de elegibilidade para compor a amostra final desta revisão.

A Figura 1 fornece uma análise detalhada da distribuição de várias disciplinas de pesquisa. As áreas de Engenharia (18,6%), Ciências Ambientais (16,3%) e Engenharia Química (14,0%) se mostram como as principais categorias, destacando uma concentração significativa nas ciências aplicadas e ambientais no conjunto de dados analisado. Esse panorama sugere um forte direcionamento da literatura para o desenvolvimento de soluções tecnológicas pautadas na sustentabilidade.

Figura 1. Divisão dos artigos encontrados de acordo com a área de estudo



Fonte: Autor

A distribuição das publicações evidencia a natureza fortemente interdisciplinar da pesquisa na área, concentrando-se em três eixos principais que, somados, representam quase metade (48,9%) do material literário mapeado: Engenharia, Ciências Ambientais e Engenharia Química. Isso reflete a complexidade do desenvolvimento de novos materiais construtivos. As disciplinas complementares, notadamente a Ciência dos Materiais (7,0%), atuam como base de suporte analítico, focando na caracterização microestrutural e morfológica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incorporação da ADF como agregado em materiais cimentícios demonstra ser uma alternativa viável para a construção civil, mantendo a trabalhabilidade adequada das misturas



(Thatikonda *et al.*, 2026). Estudos indicaram que a substituição parcial da areia natural por ADF, em materiais cimentícios, em proporções de 30% a 45%, aprimora expressivamente propriedades mecânicas como a resistência à compressão e tração (Kandasamy; Arulselvan, 2024; Manikandan; Murali, 2025), enquanto a aplicação da ADF em pavimentos pode chegar a 50% de substituição. Contudo, substituições que excedem esses limites podem causar declínio no desempenho mecânico estrutural devido ao aumento da porosidade na matriz do compósito (Manikandan; Murali, 2025).

O uso otimizado da ADF, portanto, melhora a capacidade de suporte de carga e reduz o impacto ambiental na produção de concretos de alto desempenho. Esta prática reforça a viabilidade do resíduo como insumo estratégico sustentável (Kandasamy; Arulselvan, 2024; Thatikonda *et al.*, 2026).

A valorização da ADF estende-se com grande eficácia à infraestrutura de pavimentação, consolidando o conceito de EC no setor rodoviário (Sheshadri *et al.*, 2025). A utilização deste resíduo na construção de bases e sub-bases de pavimentos, quando combinada com estabilizantes, atinge níveis de desempenho excelentes (Bardini *et al.*, 2025; Zhang; Chen; Gao, 2021).

Em misturas asfálticas a quente, a incorporação de ADF em teores próximos a 10% atende rigorosamente aos limites normativos de estabilidade e volume de vazios (Gambalunga, 2023), tais aplicações garantem resiliência e suporte de carga sem comprometer a qualidade das vias, substituindo os agregados virgens (Sheshadri *et al.*, 2025). Isso resulta em uma gestão sustentável, além de reduzir substancialmente os custos de implantação rodoviária (Zhang; Chen; Gao, 2021).

Do ponto de vista ambiental, o descarte da ADF em aterros é preocupante devido à potencial contaminação por metais pesados, como cromo, manganês e níquel. Análises revelaram, entretanto, que esses metais se concentram quase inteiramente nas frações finas do resíduo, permitindo que tratamentos por segregação granulométrica tornem a maior parte da areia inerte (Nyembwe *et al.*, 2026b).

Além disso, quando a ADF é encapsulada em matrizes estabilizadas, a lixiviação de contaminantes cai para padrões inferiores aos limites de segurança. Testes mostram que formulações contendo ADF não inibem o crescimento ou a germinação de plantas (Erdoğan; Başar, 2019; Borgulat; Borgulat; Głodniok, 2024). Logo, o reaproveitamento do material na construção civil ocorre com rigoroso controle ambiental e mitigação de riscos ecotoxicológicos.

A transição para um modelo de união com a indústria, onde a ADF deixa de ser um passivo para se tornar recurso, é vital para mitigar impactos ecossistêmicos. Avaliações de ciclo



de vida confirmam que a utilização de ADF reduz expressivamente as emissões de dióxido de carbono equivalente e o consumo de energia (Ashish *et al.*, 2023; Sheshadri *et al.*, 2025).

Análises multicritério apontam que as aplicações em massas asfálticas e blocos intertravados figuram como as rotas de valorização mais viáveis. A reintegração sistemática desse coproduto nas cadeias construtivas previne o esgotamento de depósitos naturais de areia e promove a ecoeficiência. Assim, o setor fundidor alinha-se às práticas de produção limpa, efetivando a verdadeira circularidade dos materiais (Ashish *et al.*, 2023; Machado, 2023; Marathe; Sheshadri; Nikolaiev, 2025).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A valorização da ADF demonstrou ser uma estratégia tecnicamente viável e altamente promissora para o setor da construção civil, reafirmando os princípios da EC. A utilização deste coproduto como substituto parcial de agregados naturais, em teores otimizados, preserva a trabalhabilidade e aprimora propriedades mecânicas essenciais em concretos convencionais, matrizes álcali-ativadas e misturas asfálticas. Ao atingir desempenhos equivalentes ou superiores aos materiais tradicionais em aplicações estruturais e rodoviárias, a ADF comprova seu alto valor técnico agregado. Conclui-se, portanto, que a transformação desse passivo industrial em um recurso construtivo é plenamente possível e beneficia diretamente a eficiência das infraestruturas.

Sob a ótica ambiental, a aplicação da ADF nas matrizes construtivas garante o encapsulamento seguro de potenciais contaminantes, mitigando significativamente a lixiviação de metais pesados e os riscos ecotoxicológicos. A consolidação dessa união industrial reduz a dependência de extração de areia virgem, minimiza o imenso volume de resíduos destinados a aterros e diminui as emissões de carbono e a energia incorporada na produção de novos materiais. Em conclusão, a reintegração da areia de fundição nas cadeias produtivas efetiva a EC, alinhando a gestão de resíduos do setor metalúrgico às demandas globais de sustentabilidade e promovendo um desenvolvimento mais limpo e resiliente.

REFERÊNCIAS

ASHISH, D. K.; VERMA, S. K.; JU, M.; SHARMA, H. High volume waste foundry sand self-compacting concrete – Transitioning industrial symbiosis. **Process Safety and Environmental Protection**, [S.l.], v. 173, p. 666–692, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.03.028>.



BARDINI, V. S. D. S.; KLINSKY, L. M.; ALBUQUERQUE, A.; ANDRADE PAIS, L.; FIORE, F. A. Waste Foundry Sand as an Alternative Material in Road Construction. **Sustainability (Switzerland)**, [S.l.], v. 17, n. 6, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17062370>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105001145016&doi=10.3390%2fsu17062370&partnerID=40&md5=c2145635b463c0a7e163b15c38083061>.

BORGULAT, A.; BORGULAT, J.; GŁODNIOK, M. Safety Evaluation of Soil Substitutes Produced Based on Organic and Casting Waste. **Journal of Ecological Engineering**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 327–335, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.12911/22998993/175200>.

ERDOĞAN, P. Ö.; BAŞAR, H. M. Recycling of marine dredged materials, coal fly ash and waste foundry sand as lightweight aggregates. **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, [S.l.], v. 34, n. 3, p. 1377–1394, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.460534>.

FERNÁNDEZ-CALIANI, J. C.; ÁLVAREZ-LOZANO, J.; GARCÍA-NAVARRO, E.; FERNÁNDEZ-LANDERO, S.; CANTERO, C.; GIRÁLDEZ, M. I. A Novel Technosol Formulation for Sustainable Landfill Top Covers Using Non-Hazardous Wastes. **Applied Sciences (Switzerland)**, [S.l.], v. 14, n. 14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14146166>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85199666479&doi=10.3390%2fapp14146166&partnerID=40&md5=f07c19b35a77deb0bf70a289ff8df801>.

GAMBALONGA, B.; NICOLINI, J. L.; INOCENTE, J. M.; PICH, C. T.; ANGIOLETTO, E.; PEREIRA, F. R.; MONTEDO, O. R. K.; ARCARO, S. Valorization of waste foundry sand aggregates in hot-mix asphalt. **Process Safety and Environmental Protection**, [S.l.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.03.025>.

HEIDEMANN, M.; NIERWINSKI, H. P.; VIANA DA FONSECA, A.; RIOS, S. Dosage framework and resilient behavior of waste foundry sand-cement mixtures. **Transportation Geotechnics**, [S.l.], v. 54, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2025.101640>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105010440855&doi=10.1016%2fj.trgeo.2025.101640&partnerID=40&md5=18b3d4629692331283c4e234c65829d4>.

KANDASAMY, S.; ARULSELVAN, S. Sustainable enhancement of concrete performance through waste foundry sand: a comprehensive analysis of mechanical and microstructural properties. **Revista Matéria**, [S.l.], v. 29, n. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2024-0251>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85203003332&doi=10.1590%2f1517-7076-RMAT-2024-0251&partnerID=40&md5=d08f38461c2ba1b4786215bbcca39285>.

LI, X.; CHERTOW, M.; GUO, S.; JOHNSON, E.; JIANG, D. Estimating non-hazardous industrial waste generation by sector, location, and year in the United States: A methodological framework and case example of spent foundry sand. **Waste Management**, [S.l.], v. 118, p. 563–572, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.056>.

LÓPEZ-PERALES, J. F.; DÍAZ-TATO, L.; GONZÁLEZ-CARRANZA, Y.; CONTRERAS DE LEÓN, J. E.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, C.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, D.; RODRÍGUEZ-CASTELLANOS, E. A. Aluminum Spent Foundry Sand as an Emergent Raw Material in the Production of a



Sustainable Aluminosilicate Refractory Castable. **Materials**, [S.I.], v. 18, n. 24, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma18245500>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105026057516&doi=10.3390%2fma18245500&partnerID=40&md5=2ebee265ecf27bb784514aa09cbf5995>.

MACHADO, D. M.; GAMBALONGA JÚNIOR, B.; SIMÃO, L.; RIBEIRO, M. J.; MONTEDO, O. R. K.; RAUPP-PEREIRA, F.; ARCARO, S. Valorization of Brazilian waste foundry sand from circular economy perspective. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137046>.

MANIKANDAN, A.; MURALI, M. Sustainable concrete modified with industrial waste and natural fibre. **Gradevinar**, [S.I.], 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.14256/JCE.4201.2024>.

MARATHE, S.; SHESHADRI, A.; NIKOLAIEV, V. Life cycle assessment of sustainable air-cured alkali-activated concrete for permeable pavements using agro-industrial wastes. **Scientific Reports**, [S.I.], v. 15, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-04783-x>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105009549875&doi=10.1038%2fs41598-025-04783-x&partnerID=40&md5=1ec571c5fc6c109a33405cf79a17dcd9>.

NYEMBWE, K. J.; PETRANIKOVA, M.; NYEMBWE, K. D.; NKAMBULE, T. T. I.; MUBIAYI, M. P. Environmental Compliance of Ferrous Waste Moulding Sand and Best Foundry Practices for Hazardous Metals (Mn, Ni, and Cr). **Processes**, [S.I.], v. 14, n. 2, 2026a. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr14020273>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105028625270&doi=10.3390%2fpr14020273&partnerID=40&md5=cfc684d0b72a3f7d9cb1e5ff0d403752>.

NYEMBWE, K. J.; PETRANIKOVA, M.; NYEMBWE, K. D.; NKAMBULE, T. T. I.; MUBIAYI, M. P. Environmental Compliance of Ferrous Waste Moulding Sand and Best Foundry Practices for Hazardous Metals (Mn, Ni, and Cr). **Processes**, [S.I.], v. 14, n. 2, 2026b. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr14020273>. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/105028625270?origin=resultlist>.

SHESHADRI, A.; MARATHE, S.; BETTADAPURA MANJUNATH, M.; JAYASIMHAN, A.; SADOWSKI, Ł. Effective Utilization of Foundry Waste as Aggregates in Developing Eco-Friendly Alkali-Activated and Conventional Concretes for Sustainable Pavement Infrastructure. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, [S.I.], v. 29, n. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1061/PPSCFX.SCENG-1501>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85189305344&doi=10.1061%2fPPSCFX.SCENG-1501&partnerID=40&md5=0f72a800ce533ac7a1353b50d63e3014>.

SHESHADRI, A.; MARATHE, S.; LOBO, S.; SADOWSKI, Ł. Production of eco-friendly alkali-activated concrete for sustainable highway infrastructure by effective utilization of recycled construction and foundry wastes. **Comptes Rendus Chimie**, [S.I.], v. 28, p. 185–198, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.5802/crchim.380>.

SITHOLE, T. Optimization of cleaner masonry blocks: Response surface methodology and genetic algorithm integrated neural networks in the applications of slag and waste sand. **Results**



in **Engineering**, [S.l.], v. 29, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.108753>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105029045387&doi=10.1016%2fj.rineng.2025.108753&partnerID=40&md5=e2b49f4ade627e6eab24cde38ddd7e12>.

SREEVALLI, I. Y.; VIGNESH, M. Sustainable valorization of unburnt fly ash bricks utilizing construction demolition and industrial wastes. **International Journal of Coal Preparation and Utilization**, [S.l.], 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/19392699.2025.2589974>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105022685592&doi=10.1080%2f19392699.2025.2589974&partnerID=40&md5=c33057df9ebabc4be9a2d09f6834831f>.

THATIKONDA, N.; NANNUTA, S. S. P.; MAHESHWARAM, S.; GUGULOTHU, H.; VOOKANTI, A.; MANUPATI, V. Ambient-cured one-part geopolymer systems from industrial by-products: A sustainable chemistry pathway for low-carbon cementitious materials. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, [S.l.], v. 50, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2026.102361>. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105033979460&doi=10.1016%2fj.scp.2026.102361&partnerID=40&md5=5bccf4d8f61387f7c9820454d359d94f>.

ZHANG, J.; CHEN, T.; GAO, X. Incorporation of self-ignited coal gangue in steam cured precast concrete. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126004>.

ZHANG, J.; XU, C.; ZHANG, L.; WANG, L. Intelligent design of mixture proportions of manufactured sand concrete from environmental, economical and mechanical perspectives. **Case Studies in Construction Materials**, [S.l.], 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04637>.