



COMO A GESTÃO DO CONHECIMENTO PODE CONTRIBUIR NA ELABORAÇÃO DE REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS PARA O USO DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Raquel Luísa Pereira Carnin¹, João Artur de Souza², Fernanda Kretschmer¹,
Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira³

¹Nova Era Soluções Ambientais; Universidade Federal de Santa Catarina;
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) CEP 89.203-000 – Joinville – SC –
Brazil

^{1,2} Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) CEP 88040-900 – Florianópolis –
SC – Brazil

^{1,3} Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campinas,
SP – Brazil

raquel@nesaconsultoria.com; joao.artur@ufsc.br;
fernanda@nesaconsultoria.com; gisleiva@unicamp.br

Abstract. *This paper explores how Knowledge Management supported the development of Brazilian regulations for the use of Spent Foundry Sand (SFS) in civil construction. The systematization of over 20 years of technical and scientific knowledge led to pioneering laws in SC, PR, MG, and RS. It highlights the collaboration among industry, academia, and environmental agencies in recognizing SFS as a viable, safe, and sustainable input. Real cases, such as the Aeropark Vale Europeu, demonstrate how this approach promotes circular economy and regulatory innovation.*

Keywords: *Knowledge management; Spent Foundry Sand - SFS; Civil construction; Regulation; Circular economy.*

Resumo. *Este artigo apresenta como a Gestão do Conhecimento foi aplicada na elaboração de regulamentações brasileiras para o uso da Areia Descartada de Fundição (ADF) na construção civil. A sistematização de conhecimentos técnicos e científicos acumulados ao longo de mais de 20 anos resultou em legislações pioneiras em estados como SC, PR, MG e RS. O trabalho evidencia a importância da articulação entre indústria, academia e órgãos ambientais para consolidar a ADF como insumo viável, seguro e ambientalmente adequado. Casos práticos, como o uso da ADF no Aeropark Vale Europeu, ilustram a efetividade dessa abordagem na promoção da economia circular e da inovação regulatória.*

Palavras-chave: *Gestão do conhecimento; ADF; Construção civil; Regulamentação; Economia circular.*

Área Temática: *Areia Descartada de Fundição – ADF, Inovação Social, Desenvolvimento Ambiental e Governança.*

1. Introdução

A Gestão do Conhecimento (GC) tem emergido como ferramenta estratégica essencial na formulação de políticas públicas e regulamentações técnicas em contextos complexos, como o da sustentabilidade e reaproveitamento de resíduos industriais. Desde o final dos anos 1970, a GC vem sendo reconhecida por sua capacidade de apoiar a tomada de decisão por meio da organização, sistematização e compartilhamento de dados e informações (STRAUHS et al, 2019; WIIG, 1997).

No setor público, sua adoção tem sido impulsionada pela necessidade de aprimorar a eficácia institucional e promover soluções inovadoras (BATISTA, 2012; DENHARDT et al, 2017). Neste contexto, a aplicação da GC na construção de marcos regulatórios para o uso da Areia Descartada de Fundação (ADF) na construção civil representa um avanço significativo, pois conecta ciência, tecnologia e gestão pública de forma integrada, promovendo inovação normativa e contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A gestão do conhecimento tem se mostrado uma aliada estratégica na formulação de políticas públicas mais eficazes, especialmente aquelas voltadas à promoção da inovação e da sustentabilidade.

Segundo Barboza, et al 2017, a adoção de práticas sistemáticas de gestão do conhecimento no setor público permite não apenas o aproveitamento mais eficiente de informações tácitas e explícitas, mas também o fortalecimento do diálogo interinstitucional, a redução das assimetrias de informação e o desenvolvimento de soluções mais colaborativas e baseadas em evidências. Dessa forma, a institucionalização da gestão do conhecimento contribui para políticas públicas mais consistentes, transparentes e integradas, com maior potencial de impacto e continuidade ao longo do tempo.

O estudo de Li et al, 2020 demonstra como a aplicação de práticas de gestão do conhecimento, desde a coleta e análise de dados sobre as propriedades do resíduo até a modelagem de composições e avaliação de desempenho, viabiliza a criação de alternativas concretas ao invés de enviar para aterros. A inovação tecnológica proposta não apenas amplia as possibilidades de aproveitamento da ADF, mas também fortalece os pilares da economia circular ao transformar um passivo ambiental em insumo útil. Essa articulação entre produção de conhecimento, inovação e sustentabilidade evidencia a importância de políticas públicas e estratégias institucionais que valorizem e disseminem os resultados de pesquisas aplicadas na gestão sustentável de resíduos.

A investigação desenvolvida por Santos et al. (2021) demonstrou, por meio de uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que o aproveitamento da areia descartada de fundição (ADF) em materiais de construção pode reduzir significativamente os impactos ambientais em comparação ao uso de matérias-primas virgens. A inovação tecnológica está presente na proposição de rotas sustentáveis de aproveitamento da ADF, enquanto a gestão do conhecimento sustenta a construção de novos referenciais para políticas públicas e normativas técnicas. Este tipo de abordagem fortalece não apenas a eficiência ambiental e econômica dos processos, mas também contribui para a transição a modelos produtivos mais sustentáveis, alinhados à economia circular e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

A gestão do conhecimento desempenha papel central na realização de estudos que envolvem a sistematização e a análise de dados dispersos sobre resíduos industriais, como demonstrado na pesquisa de Jin et al. (2021). Ao propor uma estrutura metodológica robusta para estimar a geração de resíduos industriais não perigosos (RINP) nos Estados Unidos,

com destaque para a ADF, os autores aplicam princípios de gestão do conhecimento ao consolidar dados fragmentados de diferentes fontes e convertê-los em inteligência útil para formulação de políticas e estratégias de aproveitamento. A abordagem permite superar lacunas históricas de informação, apoiando decisões mais eficientes e sustentáveis no gerenciamento de resíduos, por meio da construção de modelos preditivos baseados em fatores econômicos e setoriais. A análise da distribuição espacial e setorial dos RINP, bem como suas tendências temporais, amplia a compreensão dos potenciais de reaproveitamento regionais, reforçando o papel da gestão do conhecimento como vetor de inovação e sustentabilidade na transição para uma economia circular.

O aproveitamento da ADF tem sido estudado nas últimas décadas, com destaque para seu uso como insumo na construção civil, em aplicações como concreto, argamassa, pavimentação, artefatos de cimento, cobertura de aterros e preenchimento de valas da rede de esgoto sanitário. Além disso, pesquisas mais recentes vêm explorando seu uso em processos mais complexos, como a fabricação de cimento, tijolos cerâmicos, vidro e materiais alcalinos ativados. No cenário internacional, países como Alemanha, Estados Unidos, China e Índia já regulamentaram o uso da ADF em diferentes processos produtivos como na produção de artefatos de concreto e obras de infraestrutura, demonstrando a segurança e viabilidade técnica do material, conforme discutido em estudos como (YU et al., 2024; CUI et al. (2023); LI et al. (2022); ISLAM et al. (2024).

Uma das grandes barreiras enfrentadas historicamente no Brasil para a adoção de resíduos em novos processos produtivos era a ausência de legislação específica. Contudo, esse cenário começou a mudar com a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n. 12.305/2010, que estabeleceu diretrizes e instrumentos para uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos no Brasil. Um dos marcos dessa norma é a distinção entre resíduo e rejeito, considerando como rejeito apenas aquilo que, após esgotadas todas as possibilidades de aproveitamento e reciclagem, não possui viabilidade técnica ou econômica para reaplicação, devendo, portanto, ser destinado a aterros sanitários ou industriais.

O artigo 9º da referida lei é categórico ao determinar a ordem de prioridade na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, que deve seguir a seguinte hierarquia: não geração; redução; reutilização; reciclagem; tratamento; e, por fim, disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Assim, a própria legislação nacional orienta que o envio de resíduos para aterro deve ser a última alternativa, incentivando soluções mais sustentáveis como o aproveitamento da ADF em processos produtivos.

Com isso, ocorreu um avanço da pauta regulatória, ganhado espaço a partir da PNRS, que impulsionou muitos estudos científicos, iniciativas do setor industrial e colaborações com órgãos governamentais.

A primeira regulamentação estadual surgiu em Santa Catarina, com a promulgação da Lei nº 17.479/2018, que estabeleceu diretrizes para o uso da ADF na construção civil, considerando critérios técnicos, ambientais e de segurança. Desde então, outros estados e municípios seguiram essa tendência, promulgando legislações específicas para regulamentar o aproveitamento da ADF, destacando-se: Lei nº 21.023/2022 (Paraná); Lei nº 24.444/2023 (Minas Gerais); Lei nº 16.130/2024 (Rio Grande do Sul); Lei nº 1.842/2024 (Município de Cláudio/MG); Lei nº 4.932/2024 (Município de Extrema/MG); Lei nº 5.842/2017 (Município de Rio do Sul/SC); Lei nº 505/2018 (Município de Joinville/SC); Lei nº 7.163/2022

(Município de Betim/MG); Decisão de Diretoria CETESB nº 026/2025 (Estado de São Paulo).

De forma geral, essas leis estabelecem os requisitos para classificação da ADF como insumo secundário, prevendo diretrizes para análises laboratoriais, rastreabilidade, segurança ambiental e aplicações permitidas. Além disso, incentivam a utilização em obras públicas e privadas, promovem e fomentam a inovação tecnológica. Esse movimento é respaldado por dados técnicos robustos e pela consolidação de uma comunidade científica empenhada em ampliar as possibilidades de uso seguro da ADF.

A atuação articulada entre universidades, centros de pesquisa, empresas de engenharia e associações setoriais, como a ABIFA (Associação Brasileira da Indústria de Fundição), a ABIMAQ (Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos) e a ASIMEC (Associação das Indústrias Metalúrgicas de Cláudio), tem sido decisiva para o avanço da regulamentação e aceitação técnica da ADF no Brasil. Casos de sucesso, como o do Aeropark Vale Europeu, em Guaramirim/SC, Carnin et al, 2025 demonstram a viabilidade prática da aplicação da ADF em obras de grande porte, com ganhos ambientais e econômicos mensuráveis.

Os diversos estudos desenvolvidos por Carnin et al. (2025, 2024, 2023, 2022; 2021; 2020; 2017; 2016; 2013; 2010; 2009; 2008; 2007), auxiliaram vários outros autores para avançar os conhecimentos científicos sobre o uso da ADF, além de servir de embasamento teórico e prático para viabilizar o desenvolvimento e aplicação das leis já citadas. Assim, tem-se possibilidades para que as indústrias de fundição possam resolver ou mitigar seus passivos ambientais relacionados à ADF. Esses estudos abrem caminho para um desenvolvimento efetivamente sustentável em diversas regiões do Brasil (FERREIRA et al, 2020).

De forma sustentável, esses resíduos podem ser reaproveitados por meio de um gerenciamento integrado, envolvendo as próprias indústrias, universidades, órgãos ambientais e a sociedade, viabilizando sua aplicação em diferentes usos na construção civil, como por exemplo, na execução de bases e sub-bases de aeroportos. Tal abordagem não só beneficia diretamente as fundições e os construtores, como também promove a economia circular e a valorização de resíduos industriais.

Destaca-se, ao longo dessa trajetória, o rigor científico e a quantidade expressiva de ensaios laboratoriais conduzidos, que asseguram, com base estatística e comprovação matemática, que a ADF não oferece riscos ao meio ambiente, sendo, portanto, apta ao uso seguro e regulado (REBELO et al, 2013).

A abordagem integrada entre ciência, tecnologia, política pública e prática industrial é um diferencial do processo brasileiro e tem chamado a atenção de pesquisadores estrangeiros, inclusive na realização de eventos internacionais, como I Simpósio Internacional sobre o Uso Sustentável da Areia Descartada de Fundição – SUSFYS (2025), que promoveu intercâmbio de experiências entre pesquisadores nacionais e internacionais.

Esse avanço só foi possível graças ao acúmulo e compartilhamento sistemático de dados técnicos, como os obtidos em análises de caracterização físico-química, ensaios de solubilização e lixiviação, estudos de desempenho geotécnico e avaliações de ciclo de vida, que compuseram a base científica para as regulamentações. As publicações científicas mais recentes, como as de Carnin et al. (2024), demonstram que a ADF apresenta comportamento

ambiental similar ou até superior a solos tropicais em termos de mobilidade de metais e fenóis, argumento essencial para sua aceitação regulatória.

A metodologia de gestão do conhecimento adotada também permitiu identificar lacunas e propor ações futuras, como a necessidade de criação de uma norma técnica nacional específica, com base em critérios de qualidade, rastreabilidade e reprodutibilidade, e de uma plataforma digital para integração de dados e monitoramento dos projetos com ADF em todo o país.

Assim, a trajetória de regulamentação do uso da ADF no Brasil constitui um exemplo bem-sucedido de como a gestão do conhecimento pode transformar ciência em política pública, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial os ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e ODS 13 (Ação Climática). O modelo brasileiro pode, inclusive, servir de referência para outros países em desenvolvimento com forte setor industrial e desafios semelhantes na gestão de resíduos.

O objetivo deste estudo é demonstrar como a gestão do conhecimento pode contribuir de forma decisiva para a elaboração de regulamentações brasileiras que viabilizem o uso seguro e sustentável da Areia Descartada de Fundação (ADF) na construção civil, integrando ciência, tecnologia e políticas públicas para promover inovação e economia circular.

2. Inovação Social, Desenvolvimento Ambiental e Governança

O artigo se insere na área temática de Inovação Social, Desenvolvimento Ambiental e Governança, ao demonstrar como a gestão do conhecimento, aliada à ciência aplicada, pode ser uma ferramenta decisiva na elaboração de regulamentações brasileiras voltadas ao uso seguro e sustentável da Areia Descartada de Fundação (ADF) na construção civil.

A sistematização de dados técnicos, experiências práticas e evidências científicas acumuladas ao longo de mais de duas décadas viabilizou a criação de regulamentações que reconhecem a ADF como insumo viável e ambientalmente adequado.

Essa abordagem integrada entre academia, setor produtivo e órgãos reguladores fortalece a governança ambiental, fomenta a economia circular e contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, como demonstram os casos reais de aplicação em obras de infraestrutura, como o Aeropark Vale Europeu (CARNIN et al., 2025).

A abordagem adotada demonstra que a articulação entre ciência, setor produtivo e órgãos reguladores é fundamental para criar marcos legais consistentes, capazes de viabilizar o uso seguro e responsável da ADF em obras de infraestrutura e outros processos construtivos no Brasil.

3. Metodologia da Pesquisa

O Brasil ocupa uma posição de destaque entre os 10 maiores produtores de fundidos do mundo e, como consequência dessa expressiva atividade industrial, gera anualmente cerca de 3 milhões de toneladas de Areia Descartada de Fundação (ADF). Os principais estados geradores desse resíduo são Santa Catarina, com aproximadamente 950.000 toneladas por

ano, seguido por São Paulo, com cerca de 749.000 toneladas, e Minas Gerais, com 709.000 toneladas anuais. Diante desse volume significativo, torna-se imprescindível que o país desenvolva e implemente regulamentações específicas que possibilitem o uso seguro e sustentável da ADF na construção civil, promovendo a economia circular, reduzindo os impactos ambientais e gerando valor agregado a um resíduo que, atualmente, representa um grande desafio para o setor metalúrgico nacional (CARNIN, 2024).

Os estudos desenvolvidos por Carnin (2024) foram fundamentais para a elaboração da maioria das regulamentações atualmente vigentes no Brasil. Para embasar esse processo, foi realizado um levantamento dessas pesquisas, que serviram não apenas como referência técnica, mas também como alicerce para a gestão do conhecimento necessária à aprovação bem-sucedida dessas normativas.

4. Resultados

A gestão do conhecimento aplicada aos estudos conduzidos por Carnin, 2024 teve papel estratégico na formulação e aprovação das regulamentações brasileiras para o uso da Areia Descartada de Fundição (ADF) na construção civil. A sistematização técnico-científica acumulada ao longo de mais de duas décadas permitiu consolidar uma base robusta de evidências, proporcionando segurança ambiental, viabilidade técnica e respaldo jurídico às propostas legislativas adotadas em diversos estados e municípios do Brasil.

Esse processo envolveu desde o levantamento de dados sobre características químicas, físicas e ecotoxicológicas da ADF, passando por ensaios geotécnicos, estudos de campo, até análises de ciclo de vida. Os resultados foram organizados e compartilhados entre pesquisadores, órgãos ambientais, legisladores e representantes da indústria, permitindo a transformação do conhecimento tácito e científico em diretrizes legais concretas, promovendo a inovação normativa e o avanço da economia circular.

Nesse contexto, a gestão do conhecimento possibilitou:

- Identificar lacunas técnicas e regulatórias que impediam o aproveitamento da ADF;
- Produzir e organizar evidências científicas para subsidiar o processo decisório;
- Estabelecer marcos regulatórios com critérios objetivos de segurança e rastreabilidade;
- Apoiar a redação de textos legais com base em experiências práticas monitoradas, como o caso do Aeropark Vale Europeu Carnin et al., 2025.

A Tabela 1 a seguir apresenta os principais estudos técnico-científicos utilizados como referência pelos reguladores para aprovar leis e normativas sobre o uso da ADF. Esses estudos foram essenciais para demonstrar a segurança ambiental, a viabilidade econômica e o desempenho técnico da ADF em diferentes aplicações, como base e sub-base de pavimentação, artefatos de concreto, cobertura de aterros, assentamento de tubulações e concretos asfálticos.

Tabela 1. Regulamentações brasileiras sobre o uso da ADF e os estudos utilizados como referência técnico-científica.

Regulamentação	Usos Permitidos	Estudos Usados como Referência
Decisão de Diretoria CETESB 152/2007	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico.	BONET et al. 2003; BINA 2002; BONET et al, 2003; PEREIRA et al, 2004; PEREIRA, R. L. 2005; SCHULZ, 2005.
Resolução Consema SC 011/2008	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico.	BONET et al. 2003; BINA 2002; BONET et al, (2003); PEREIRA et al, 2004; PEREIRA, R. L. 2005; SCHULZ, 2005; CARNIN, 2008.
ABNT NBR 15702/2009	Asfalto e cobertura de aterro sanitário.	BONET et al. 2003; BINA 2002; SCHULZ, 2005; GOMES, et al, 2007; CARNIN, 2008.
Resolução Consema SC 26/2013	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016.
Normativa COPAM Nº 196/2014	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural	CARNIN, et al, 2010; REBELO et al, 2013.
Lei nº 5842/2017 Rio do Sul/SC	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017.
Lei/SC nº 17.479/2018	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017.
Lei nº 505/218 Joinville/SC	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017.
Lei/PR nº 21.023/2022	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017; CARNIN, et al, 2022.
Lei nº 7.163/2022 Betim/MG	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017; CARNIN, et al, 2022.
Lei/MG nº 24.444/2023	Uso em obras públicas de construção e conservação de rodovias e de cobertura de aterros sanitários no Estado de Minas Gerais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017; CARNIN, et al, 2022.

Lei nº 1.842/2024 Cláudio/MG	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017; CARNIN, et al, 2022; CARNIN, 2024.
Lei nº 4.932/2024 Extrema/MG	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017; CARNIN, et al, 2022; CARNIN, 2024.
Lei/RS/2024 nº 16.130	Artefatos de Concreto sem Função Estrutural e Concreto Asfáltico. Obras rodoviárias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações, Cerâmica, Terraplenagem e Áreas Desniveladas e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017; CARNIN, et al, 2022; CARNIN, 2024.
Decisão de Diretoria CETESB 026/2025	Artefatos de Concreto, Base e Sub-base de rodovias, Assentamento e Recobrimento de Tubulações e Cobertura de Aterros Sanitários e Industriais.	CARNIN, et al, 2007; CARNIN, 2008; CARNIN, et al, 2009; CARNIN, et al, 2010; CARNIN, et al, 2013; REBELO et al, 2013; BRUNO et al, 2014; CUNICO et al, 2016; BARRA et al, 2017; SIROMA et al, 2017; CARNIN, et al, 2022; CARNIN, 2024.

A consolidação desse conhecimento, articulada por meio da cooperação entre universidades, empresas e órgãos ambientais, resultou em um modelo de regulamentação ambiental pioneiro, replicável e reconhecido nacional e internacionalmente. Assim, a trajetória brasileira representa um exemplo prático de como a gestão do conhecimento pode transformar ciência aplicada em política pública eficiente e sustentável, promovendo o uso seguro de resíduos industriais e contribuindo diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A Figura 1 apresenta a trajetória histórica das regulamentações aprovadas no Brasil referentes ao uso da Areia Descartada de Fundação (ADF) em diferentes processos produtivos, especialmente na construção civil.

O processo regulatório teve início em 2007, com a Decisão de Diretoria CETESB nº 152, que autorizou o uso da ADF em artefatos de concreto sem função estrutural e em concreto asfáltico. Em 2008, Santa Catarina avançou com a Resolução CONSEMA nº 011, também permitindo o uso da ADF nessas mesmas aplicações.

Em 2009, a ABNT aprovou a norma técnica NBR 15702, estabelecendo diretrizes para a aplicação da ADF em asfaltos e cobertura de aterros sanitários. Na sequência, em 2013, o CONSEMA/SC aprovou por unanimidade a Resolução nº 026, ampliando as possibilidades de uso da ADF para obras rodoviárias, assentamento e recobrimento de tubulações, entre outras aplicações.

O avanço regulatório prosseguiu em 2014, com a Deliberação Normativa COPAM nº 196, aprovada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais. Em 2017, o município de Rio do Sul/SC aprovou a Lei nº 5.842, marcando a consolidação do tema no

âmbito municipal.

A partir de 2018, novas regulamentações foram promulgadas, como a Lei nº 17.479/2018 (SC) e a Lei nº 505/2018 (Joinville/SC), reconhecendo a viabilidade do uso da ADF em diversas frentes da construção civil.

Nos anos seguintes, o processo ganhou força nacional com a aprovação das seguintes legislações:

2022: Lei nº 21.023/PR e Lei nº 7.163/Betim-MG

2023: Lei nº 24.444/MG

2024: Lei nº 1.842/Cláudio-MG, Lei nº 4.932/Extrema-MG e Lei nº 16.130/RS

2025: Decisão de Diretoria CETESB nº 026, ampliando o uso da ADF para artefatos de concreto, concreto asfáltico, bases e sub-bases, assentamento e recobrimento de tubos.



Figura 1. Trajetória História das Regulamentações de ADF no Brasil.

Essa linha do tempo demonstra não apenas o crescimento do reconhecimento técnico e legal da ADF como insumo viável e sustentável, mas também o impacto direto da gestão do conhecimento técnico-científico acumulado para sustentar e acelerar a regulamentação em diversas regiões do país.

5. Considerações Finais

A trajetória de regulamentações ambientais no Brasil voltadas ao uso da Areia Descartada de Fundação (ADF) evidencia um processo evolutivo baseado em conhecimento técnico-científico acumulado, experiências práticas exitosas e articulações institucionais robustas. A gestão estratégica do conhecimento, sistematizada a partir dos estudos conduzidos por Carnin (2024), foi essencial para embasar tecnicamente as legislações estaduais e municipais, proporcionando segurança ambiental, jurídica e operacional às iniciativas de valorização da ADF.

As leis aprovadas em Santa Catarina, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul, bem como em diversos municípios, representam um avanço significativo no reconhecimento da ADF como insumo viável e seguro para a construção civil e outras aplicações. Tais conquistas demonstram que, quando bem fundamentada, a ciência pode orientar políticas públicas sustentáveis, fortalecendo a economia circular e reduzindo os impactos ambientais da disposição de resíduos industriais.

O caso do Aeropark Vale Europeu, construído com o uso de ADF em suas estruturas geotécnicas, reforça o potencial de aplicação do resíduo em obras de grande porte com desempenho técnico satisfatório e conformidade ambiental. Além disso, o sucesso dessa aplicação tem servido como referência para a replicação segura do modelo em outras regiões do país.

Por fim, conclui-se que a regulamentação do uso da ADF, aliada à difusão do conhecimento técnico, ao monitoramento ambiental contínuo e ao engajamento interinstitucional, é uma estratégia eficaz para transformar passivos em ativos, promovendo inovação, sustentabilidade e desenvolvimento regional.

6. Referências

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 15.702: Areia descartada de fundição - Diretrizes para aplicação em asfalto e em aterro sanitário. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.984: Areia descartada de fundição: Central para processamento, armazenamento e destinação. Rio de Janeiro, 2011.

BARBOZA, R. A. B.; FONSECA, S. A.; RAMALHEIRO, G. C. F. O papel das políticas públicas para potencializar a inovação em pequenas empresas de base tradicional. *REGE - Revista de Gestão*, São Paulo, Revista de Gestão 24 (2017) 58–71.

BARRA, Breno Salgado; MACHADO, R.; MOMM, L.; PEREZ, Y. A. G.; HEIDMANN, M. CARNIN, R. L. P. . Proposta de solução de pavimentação intertravada para pátio de estacionamento de ônibus em Joinville/SC. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2017 (Congresso).

BINA, Paulo; ALVES, José H.; BONIN, André L.; YOSHIMURA, Humberto N. Metodologia de Análise e Aprovação de Utilização de Rejeitos Industriais na Construção Civil: Estudo de Caso de Uso de Areia de Fundição de Descarte para Pavimentação. Monobeton Soluções Tecnológicas Ltda – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT. São Paulo, 2002.

BONET, Ivan Iveraldo. Valorização do Resíduo Areia de Fundição (R.A.F.) Incorporação nas Massas Asfálticas do Tipo C.B.U.Q. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2003. 127p.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 3 de agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. DOFC - Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília col 1; p.3. Poder Legislativo Federal.

BRUNO, M. B. A.; Folgueras, M. V.; CUNICO, F. R.; CARNIN, R. L. P. Pó de exaustão oriundo do processo de moldagem a verde como matéria prima alternativa para a indústria

cerâmica. In: 58 Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2014, Bento Gonçalves. 58 Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2014.

CARNIN, R. L. P.; KRETSCHMER, F.; RONCHI, L. F. UTILIZAÇÃO DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO EM OBRAS AEROPORTUÁRIAS: O CASO DA APLICAÇÃO NO AEROPARK VALE EUROPEU. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Brasília, 2025. 5p.

CARNIN, R. L. P. AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO EM MISTURAS ASFÁLTICAS: UMA ABORDAGEM JURÍDICA E SUSTENTÁVEL. 1. ed. Joinville: Editora GuedesJus, 2024. v. 1.223p.

CARNIN, R. L. P.; MACIEL, A. O.; PIRATH. Estudo da viabilidade de uso da areia descartada de fundição em misturas asfálticas. *Fundição & Matérias-primas*, p. 48 - 66, 05 dez. 2022.

CARNIN, R. L. P.; RICHTER, M. F.; COLDEBELLA, G. Estudo da ecotoxicidade aguda e crônica da areia descartada de fundição. *FUNDIÇÃO & MATÉRIAS-PRIMAS*, São Paulo, p. 45 - 53, 09 set. 2022.

CARNIN, R. L. P.; NIQUEL, C.; FLORISBELO, R. R. Aplicabilidade da norma ABNT NBR 15984/2011: Areia descartada de Fundição. Central de processamento, armazenamento e destinação (CPAD). *FUNDIÇÃO & MATÉRIAS-PRIMAS*, São Paulo, p. 32 - 35, 05 ago. 2022.

CARNIN, R. L. P.; ALVES, B. S. Q.; CARLINI, E. C. A determinação de fenol em amostras de ADF e produtos de limpeza. *FUNDIÇÃO & MATÉRIAS-PRIMAS*, p. 51 - 57, 07 jul. 2022.

CARNIN, R. L. P.; FERREIRA, G. C. S.; PIRES, M. S. G. Avaliação de risco sobre a utilização da areia descartada de fundição na construção civil. *FUNDIÇÃO & MATÉRIAS-PRIMAS*, São Paulo, p. 34 - 40, 01 abr. 2022.

CARNIN, R. L. P.; STORTZ, S.; NOROSCHNYI3, R. Uso da areia descartada de fundição em reforço de subleito. *FUNDIÇÃO & MATÉRIAS-PRIMAS*, São Paulo, p. 27 - 29, 03 jan. 2022.

CARNIN, R. L. P.; BATTISTI, V. C.; MIRANDA FILHO, L. D. B. Regulamentações no Brasil para usar a areia descartada de fundição em outros processos. *Fundição & Matérias-primas*, São Paulo, p. 47 - 55, 01 set. 2021.

CARNIN, R. L. P.; CAPISTRANO, G. C.; Folgueras, M. V.; VALENTINA, L. D. Estudo da viabilidade do uso de resíduos (lama de hidrofiltro e pó da regeneração da areia de moldagem) para a produção de tijolos queimados. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.

CARNIN, R. L. P.; FOLGUERAS, M.; FARIAS, D. F. V.; ANDRADE, L. B. Estudo da viabilidade do uso da areia descartada de fundição em assentamento e recobrimento de tubulações: monitoramento ambiental do trecho experimental do bairro Vila Nova. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.

CARNIN, R. L. P.; Folgueras, M. V.; LUVIZAO, R. R.; Correia, S. L.; Cunha, C. J.;

DUNGAN, R. S. Use of an integrated approach to characterize the physicochemical properties of foundry green sands. *Thermochimica Acta*, www.elsevier.com/locate/tca, p. 150 - 155, 10 set. 2013.

CARNIN, R. L. P.; Cunha, C. J. Monitoramento ambiental do trecho experimental contendo areia descartada de fundição. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.

CARNIN, R. L. P.; MACIEL, A. O.; BICCA, V. H. F.; PENHA, J.; TRICHES, G. Análise Técnica dos Resultados de Laboratório da Aplicação da Areia Descartada de Fundição (ADF) em Obras Rodoviárias. In: Seminário Nacional de Modernas Técnicas Rodoviárias, 2010, Florianópolis. Seminário Nacional de Modernas Técnicas Rodoviárias, 2010.

CARNIN, R. L. P.; SILVA, C. O.; POZZI, R. J.; JUNIRO, D. C.; Folgueras, M. V.; MALKOWSKI, W. Desenvolvimento de peças de concreto (Paver) contendo areia descartada de fundição para pavimento intertravado. *Revista Pavimentação*, p. 56 - 67, 01 out. 2010.

CARNIN, R. L. P.; MACIEL, A. O.; BICCA, V. H. F.; PENHA, J.; TRICHES, G. Análise Técnica dos Resultados de Laboratório da Aplicação da Areia Descartada de Fundição (ADF) em Obras Rodoviárias. In: Seminário Nacional de Modernas Técnicas Rodoviárias, 2010, Florianópolis. Seminário Nacional de Modernas Técnicas Rodoviárias, 2010.

CARNIN, R. L. P.; CUNHA; LUVIZAO, R. R.; FOLGUERAS, M. Análise Térmica do Resíduo Areia Verde de Fundição. In: Congresso Nacional de Fundição, 2009, São Paulo. 14 Congresso de Fundição - CONAF 2009. São Paulo: ABIFA, 2009. p. 1-10.

CARNIN, R.L.P. Reaproveitamento do resíduo de areia verde de fundição como agregado em mistura asfáltica. 2008. Tese (Doutorado) – Curso de Pós Graduação em Química, Setor de Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. 152 p.

CARNIN, R. L. P.; CUNHA. Ensaio de envelhecimento em concreto asfáltico contendo resíduo areia verde de fundição. *Revista Pavimentação*, p. 52 - 58. Ano: 2007.

CÚNICO, F. R.; Folgueras, M. V.; CARNIN, R. L. P.; BRUNO, M. B. A. The Use of Dust Emission from Foundry Industry as Raw Material to the Industry of Ceramic Coating. *Materials Science Forum*, 10.4028/www.scientific.net/MSF, p. 186 - 190, 31 ago. 2016.

CETESB. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 152/2007/C/E. Estabelece critérios para o uso da ADF em artefatos de concreto e concreto asfáltico no Estado de São Paulo.

CETESB. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 152/2007/C/E - Dispõe sobre procedimentos para gerenciamento de areia de fundição. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução. 011. SDS. Florianópolis: CONSEMA, 2008.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução. 026. SDS. Florianópolis: CONSEMA, 2013.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução. 109. SDS. Florianópolis: CONSEMA, 2017.

CETESB. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 152/2007/C/E - Dispõe sobre procedimentos para gerenciamento de areia de fundição. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007.

CUI, H., LIU, Z., TANG, W., ZHANG, H., & GAO, L. Utilization of waste foundry sand as a sustainable construction material: Environmental impact and strength behavior. *Journal: Journal of Cleaner Production*, 410, 137198. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137198>. Ano: 2023.

DENHARDT, R. B.; CATLAW, T.J. Teorias da Administração Pública. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

FERREIRA, G. C. S.; DOMINGUES, L. G. F.; FOLGUERAS, M.; QUINALHA, T. A.; CARNIN, R. L. P. Uso da Areia Descartada de Fundição na Construção Civil. In: Antonio Ludovico Beraldo, Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira, Raquel Luísa Pereira Carnin, Luciene Gachef Ferrari Domingues, Thaís Alice Quinalha. (Org.). UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA CONSTRUÇÃO. 1. ed. Campinas SP: UNICAMP, 2020, v, p. 1-406.

GOMES, L. P. MORAES, C. A. M.; BOFF, R. D. Emprego de areia usada de fundição em coberturas intermediária e final de aterros sanitários. *Tecnologia em Metalurgia e Materiais*, v. 3, n. 4, p. 71-76, 2007.

ISLAM, A., HAQUE, M. M., GHOSH, P., & AHMED, A. Geotechnical properties of foundry sand–cement blends for pavement application. *Journal: Transportation Geotechnics*, 47, 101116, <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101116>. Ano: 2024.

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* 118, 563–572, 2020.

LI, Z., ZHANG, Y., LIU, Y., WANG, K. Mechanical and durability properties of green concrete containing waste foundry sand: A review. *Journal: Construction and Building Materials*, 356, 129269. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129269>. Ano: 2022.

MINAS GERAIS. Lei n.º 24.444, de 7 de novembro de 2023. Dispõe sobre a utilização de resíduos industriais na construção civil. *Diário Oficial do Estado de Minas Gerais*, Belo Horizonte, MG, 2023.

MINAS GERAIS. Município de Cláudio. Lei Municipal n.º 1.842, de 5 de fevereiro de 2024. Dispõe sobre o uso da areia descartada de fundição em obras e serviços de engenharia. *Diário Oficial do Município de Cláudio*, MG, 2024.

MINAS GERAIS. Município de Extrema. Lei Municipal n.º 4.932, de 20 de fevereiro de 2024. Estabelece normas para o aproveitamento da ADF em obras públicas. *Diário Oficial do Município de Extrema*, MG, 2024.

MINAS GERAIS. Município de Betim. Lei Municipal n.º 7.163, de 4 de março de 2022. Estabelece diretrizes para o uso de resíduos industriais reaproveitáveis. *Diário Oficial do Município de Betim*, MG, 2022.

PARANÁ. Lei n.º 21.023, de 24 de junho de 2022. Dispõe sobre o aproveitamento da areia descartada de fundição – ADF no Estado do Paraná. *Diário Oficial do Estado do Paraná*,

Curitiba, PR, 2022.

REBELO, J. A.; CARNIN, R. L. P. Biodisponibilidade de metais de areia de moldagem e seu efeito sobre cenoura e alface. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.

PEREIRA, Raquel Luísa. Reaproveitamento do Resíduo de Areia Verde de Fundição como Agregado em Misturas Asfálticas. Relatório de doutorado apresentado ao Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas. UFPR, 2005.

PEREIRA, Raquel Luísa; CUNHA, Carlos Jorge; MATTOSO; MOMM, Leto. Reaproveitamento do Resíduo de Areia Verde de Fundição como Agregado em Misturas Asfálticas. 12º CONAF – Congresso de Fundição. São Paulo, 2005.

RIO GRANDE DO SUL. Lei n.º 16.130, de 26 de março de 2024. Estabelece diretrizes para o uso da areia descartada de fundição na construção civil. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2024.

SANTA CATARINA. Lei n.º 17.479, de 12 de janeiro de 2018. Dispõe sobre o uso da areia descartada de fundição na construção civil. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2018.

SANTA CATARINA. Município de Rio do Sul. Lei Municipal n.º 5.842, de 19 de dezembro de 2017. Autoriza o uso de ADF na execução de obras de infraestrutura urbana. Diário Oficial do Município de Rio do Sul, SC, 2017.

SANTA CATARINA. Município de Joinville. Lei Municipal n.º 505, de 12 de junho de 2018. Dispõe sobre a utilização de resíduos industriais recicláveis na construção civil. Diário Oficial do Município de Joinville, SC, 2018.

SIROMA, R. S.; BARRA, Breno Salgado; MOMM, L.; PEREZ, Y. A. G.; CARNIN, R. L. P. Estudo comparativo e aplicado sobre a influência da utilização da areia descartada de fundição (ADF) na formulação e no desempenho mecânico de misturas de concreto asfáltico. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2017 (Congresso).

STRAUHS, F. R.; VICTÓRIO, V. X. A gestão do conhecimento, o ba e seus valores, traduzidos em algumas histórias de vida. Gestão do conhecimento & inovação: espaços de colaboração, confiança e contribuição estratégica (Cap. 3, p. 63-87), 2019. Jundiaí – SP: Paco Editorial.

WIIG, K. M. Application of Knowledge Management in Public Administration. Texas: Knowledge Research Institute, 1999.

YU, H., ZHANG, T., GAO, Y., XU, Y., YU, B., WANG, Y. Life cycle assessment of substituting river sand with foundry sand in cement-based materials: Benefits and tradeoffs. Journal: *Resources, Conservation & Recycling*, 198, 107402. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107402>. Ano: 2024.