

AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO: CIÊNCIA, SEGURANÇA AMBIENTAL E ECONOMIA CIRCULAR

Diante da circulação da publicação do livro: “*Areias Mortais de Fundação*” contendo afirmações de que a **Areia Descartada de Fundação (ADF)** seria, de maneira generalizada, um material “cancerígeno”, que sua utilização representaria risco à saúde humana e que sua destinação ambientalmente segura deveria ocorrer prioritariamente em aterros, a ABIFA considera necessário apresentar esclarecimentos fundamentados em evidências científicas nacionais e internacionais.

A preocupação com a saúde humana e com a proteção do meio ambiente é legítima e deve orientar todas as decisões envolvendo resíduos industriais. Entretanto, questões dessa natureza não podem ser tratadas por generalizações. É necessário distinguir **perigo de risco**, avaliar cada material, sua origem, composição, concentração dos constituintes, mobilidade, biodisponibilidade, forma de utilização e possíveis vias de exposição.

A pergunta tecnicamente correta não é simplesmente se uma substância está presente na ADF, mas **em que concentração ela se encontra, se está disponível para mobilização ou exposição e qual risco efetivamente representa no cenário de utilização avaliado.**

O autor do livro cita um pesquisador da USP que é apresentado como uma das principais referências sobre os impactos da ADF. O currículo Lattes analisado do Prof. Joel Barbujani Sigolo apresenta **dois artigos completos em periódicos científicos diretamente relacionados à areia de fundição**: um sobre caracterização e implicações ambientais da areia descartada de fundição e outro relacionado à fitorremediação de areias de fundição.

Sua produção inclui também orientações e trabalhos em eventos sobre o tema. Um dos estudos refere-se explicitamente ao “**Impacto ambiental gerado pela disposição de areias de fundição: estudo de caso**”; outro investigou as características de **um depósito de ADF**; e há ainda trabalho sobre disposição em “**aterros não controlados**”.

Portanto, são trabalhos importantes para compreender consequências potenciais da **disposição inadequada ou não controlada de resíduos**, mas esse cenário não pode ser automaticamente extrapolado para uma ADF previamente caracterizada e aplicada, de forma controlada e autorizada, em uma obra de engenharia. **Disposição inadequada de resíduos e aproveitamento tecnicamente controlado de ADF são cenários ambientais distintos.**

A **pesquisa brasileira avançou da caracterização para a aplicação e o monitoramento.** Em paralelo a estudos sobre áreas de disposição, outra linha de pesquisa brasileira avançou na avaliação da ADF como material passível de aproveitamento.

A trajetória da **Dra. Raquel Luísa Pereira Carnin** na pesquisa sobre a Areia Descartada de Fundação (ADF) ultrapassa duas décadas, reunindo produção científica, formação de pesquisadores, desenvolvimento tecnológico e aplicações em escala real.

Seu Currículo Lattes registra **pelo menos 25 publicações técnico-científicas diretamente relacionadas às areias de fundição**, além de **4 dissertações de mestrado**

coorientadas, 1 Trabalho de Conclusão de Curso orientado e 1 projeto de Iniciação Científica orientado diretamente relacionado à ADF/areias de fundição.

Essa trajetória inclui também importante produção voltada à **transferência do conhecimento científico e tecnológico**, com o livro **“ADF em Misturas Asfálticas – Abordagem Jurídica e Sustentável”** (2024), o e-book **“Manual prático para engenheiros e construtores sobre o uso da ADF na construção civil”**, o **“GUIA PARA USAR A ADF NA CONSTRUÇÃO CIVIL E INFRAESTRUTURA”** (2026), além de capítulo de livro dedicado ao uso da ADF na construção civil.

Sua produção aborda caracterização ambiental, ecotoxicidade, lixiviação e mobilidade de metais, avaliação de risco, biodisponibilidade, agricultura, pavimentação, misturas asfálticas, materiais cimentícios, regulamentação e monitoramento ambiental de aplicações em campo. O Lattes registra, por exemplo, estudos sobre biodisponibilidade de metais em cenoura e alface, caracterização ambiental e toxicológica da ADF, obras rodoviárias e monitoramento de trechos experimentais. **São mais de duas décadas de pesquisa sobre ADF, unindo ciência, formação acadêmica, regulamentação, transferência de conhecimento e aplicação prática em escala real.**

A diferença de abordagem é importante. Enquanto parte dos estudos citados pelo autor do referente livro: *Areias Mortais de Fundição*, analisou **depósitos e passivos de ADF**, as pesquisas conduzidas por Carnin e diversos colaboradores passaram a investigar outra pergunta: **Uma ADF devidamente caracterizada pode ser utilizada de maneira ambientalmente segura em aplicações específicas, mediante critérios de engenharia, autorização, rastreabilidade e monitoramento?**

Ao longo dos anos, essa linha evoluiu da caracterização laboratorial para ensaios tecnológicos, aplicações experimentais e, posteriormente, **obras em escala real acompanhadas por monitoramento ambiental**. Não são estudos contraditórios. São cenários diferentes e não se deve utilizar o resultado de um deles para responder automaticamente às perguntas científicas do outro.

EPAGRI: ADF, CENOURA E ALFACE FORAM EFETIVAMENTE ESTUDADAS.

Uma afirmação especialmente sensível é a de que utilizar ADF em aplicações relacionadas ao solo significaria inevitavelmente colocar contaminantes na cadeia alimentar. No Brasil, essa hipótese foi experimentalmente investigada.

O estudo **“Biodisponibilidade de metais de areia de moldagem e seu efeito sobre cenoura e alface”**, desenvolvido pelo pesquisador José Angelo Rebelo, da Estação Experimental de Itajaí da EPAGRI, em conjunto com Raquel Luísa Pereira Carnin, teve justamente como foco a avaliação dos efeitos da ADF e da biodisponibilidade de metais em hortaliças.

A literatura acadêmica que recupera os resultados desse estudo informa que, nas condições experimentais avaliadas, **não foi observado risco significativo de contaminação de cenoura e alface**, tendo sido considerada baixa a biodisponibilidade dos metais da ADF. Isso não significa que qualquer ADF possa ser aplicada indiscriminadamente na agricultura. Significa algo cientificamente mais importante: **presença química não é**

sinônimo de biodisponibilidade e biodisponibilidade não é sinônimo automático de risco.

A EXPERIÊNCIA DOS ESTADOS UNIDOS: EPA E USDA AVALIARAM INCLUSIVE CÂNCER.

A experiência norte-americana é especialmente relevante para esclarecer afirmações relacionadas a toxicidade e carcinogenicidade. Um dos estudos de referência foi desenvolvido pela **U.S. Environmental Protection Agency (EPA)** em parceria com o **USDA Agricultural Research Service (USDA-ARS)**, pesquisadores da Ohio State University e outras instituições, avaliando ADF à base de sílica proveniente de fundições de ferro, aço e alumínio. Não se tratou simplesmente de uma revisão documental.

Foram avaliados **25 metais, 16 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs), 17 compostos fenólicos e 20 dioxinas ou compostos semelhantes**, além de diferentes mecanismos e vias de exposição. A avaliação considerou lixiviação, águas subterrâneas, contato com o solo, inalação e ingestão de produtos vegetais, entre outros cenários. Para substâncias carcinogênicas, foi adotado como referência um risco incremental de câncer de **1 em 100.000**, além de critérios para efeitos não carcinogênicos e receptores ecológicos.

E a conclusão merece destaque: **nas ADFs à base de sílica provenientes das fundições de ferro, aço e alumínio avaliadas e nos cenários estudados, não foram identificados riscos preocupantes à saúde humana ou aos receptores ecológicos.** EPA e USDA passaram, assim, a apoiar determinados usos benéficos dessas areias, incluindo **solos manufaturados, substratos sem solo e sub-base rodoviária**, respeitando as condições e limitações da avaliação.

Para utilização em sub-base rodoviária, a avaliação indicou potencial extremamente baixo de os constituintes lixiviados atingirem receptores em concentrações preocupantes, mesmo considerando hipóteses conservadoras. Isso contraria a generalização de que a utilização de ADF em infraestrutura significaria necessariamente espalhar substâncias cancerígenas pelo ambiente.

NEM TODA ADF É IGUAL E É EXATAMENTE POR ISSO QUE ELA DEVE SER CARACTERIZADA.

A própria EPA estabelece limites para suas conclusões. Os resultados não significam que toda areia proveniente de qualquer processo de fundição seja automaticamente segura. A avaliação refere-se às ADFs à base de sílica das fundições de ferro, aço e alumínio estudadas.

Areias provenientes de outros processos e metais podem apresentar características diferentes. Determinadas areias de fundições de latão e bronze, por exemplo, podem apresentar concentrações que exigem outro enquadramento ambiental. Essa ressalva reforça e não enfraquece a defesa do aproveitamento tecnicamente controlado.

Defender a economia circular não significa defender a utilização indiscriminada de resíduos. Significa defender: **caracterização → classificação → segregação → avaliação da aplicação → autorização → controle → rastreabilidade → monitoramento.**

CONSTRUÇÃO CIVIL: PRÁTICA INTERNACIONAL DESENVOLVIDA HÁ DÉCADAS.

A EPA documentava há mais de duas décadas programas estaduais norte-americanos envolvendo areia de fundição em **aterros estruturais, rodovias, estacionamentos, cimento, concreto, asfalto, blocos, tijolos, cerâmica, vidro e produtos para solos e horticultura.**

Foram registrados casos de **melhoramento de solo em Ohio, aterro estrutural em Wisconsin, utilização em asfalto em Michigan e construção de estacionamento em West Virginia.**

Uma revisão internacional identificou uma base norte-americana contendo **90 projetos distribuídos por 14 estados dos Estados Unidos e duas localidades do Canadá.**

Há ainda experiências de *material de enchimento* em Iowa, Ohio e Wisconsin contendo entre **81% e 96% de ADF em massa seca.** Avaliações realizadas com materiais provenientes de 17 fundições apresentaram propriedades geotécnicas adequadas e resultados de toxicidade abaixo dos critérios regulatórios considerados no estudo.

No Canadá, a literatura registra utilização de ADF na produção de asfalto em Ontário desde a década de 1980, com experiência de substituição de até **15% do agregado fino** sem perda de qualidade nas condições estudadas.

AGRICULTURA TAMBÉM FOI OBJETO DE AVALIAÇÕES INTERNACIONAIS.

A avaliação norte-americana chegou a considerar um cenário de solo manufaturado contendo **50% de ADF**, avaliando possíveis exposições de adultos, crianças, plantas e receptores ecológicos. Em estudos com espinafre, rabanete e azevém também foram avaliadas a disponibilidade e a absorção de metais.

Outros experimentos internacionais relataram bom desenvolvimento de azevém em misturas contendo ADF, sem evidência, nas condições estudadas, de aumento da absorção vegetal ou da perda por lixiviação de elementos-traço de preocupação ambiental.

Há ainda um caso particularmente expressivo em Ohio: a empresa Kurtz Brothers utilizou durante décadas ADF na fabricação de solos comerciais. O relatório consultado registra milhões de toneladas de areia aproveitadas e informa que a Ohio EPA não tinha conhecimento, naquele período, de danos ambientais decorrentes dessa utilização.

Na Austrália, o governo de Queensland chegou a estabelecer uma aprovação geral de **benéfico uso** específica para areia de fundição, reconhecendo que grande parte desse material não é perigosa e pode possuir outras utilizações, desde que atendidas condições de qualidade e gerenciamento.

No Brasil, pesquisa mais recente do Instituto Federal Catarinense avaliou ADF em substratos para mudas de tomate e alface em proporções de 0%, 20%, 40%, 60% e 80%, encontrando resultados favoráveis especialmente nas proporções moderadas, com destaque para até **20% de ADF**, sem comprometimento significativo da emergência e do desenvolvimento inicial nas condições estudadas.

Novamente: essas pesquisas **não significam autorização genérica para aplicar ADF em lavouras**. Elas demonstram que agricultura e solos também podem ser investigados cientificamente e regulamentados mediante avaliação de risco.

EUROPA: PROJETO LIFE-FOUNDRYSAND

Na Europa, o projeto **LIFE-Foundrysand – Re-use of Surplus Foundry Sand by Composting**, apoiado pelo programa LIFE da União Europeia, avaliou o tratamento e o aproveitamento da ADF como alternativa à disposição em aterros. O projeto destaca que a Europa gerava cerca de **18 milhões de toneladas/ano** de areia residual de fundição e buscava soluções para reduzir sua destinação final.

Foram realizados **28 testes de compostagem na Finlândia e na Espanha**, envolvendo aproximadamente **960 toneladas de material contendo areia de fundição**. Segundo o relatório, **todos os lotes de teste atenderam aos limites nacionais aplicáveis ao produto final**, e os ensaios de campo não detectaram impactos ambientais nas águas residuais durante os testes.

O estudo europeu reforça um princípio fundamental: **a ADF não deve ser generalizada como material perigoso nem destinada automaticamente a aterros. O caminho tecnicamente adequado é caracterizar, controlar e, quando necessário, tratar o material para viabilizar seu aproveitamento ambientalmente seguro.**

O BRASIL JÁ POSSUI EVIDÊNCIAS PROVENIENTES DE OBRAS REAIS.

A pesquisa brasileira também deixou a escala exclusivamente laboratorial. No **Aeropark Vale Europeu, em Guaramirim/SC**, ADF vem sendo utilizada em infraestrutura aeroportuária, incluindo camadas de base e sub-base, acompanhada por programa de monitoramento ambiental de águas subterrâneas e solo.

Os monitoramentos apresentados na pesquisa indicaram que, nas condições avaliadas, **não houve comprometimento da qualidade ambiental atribuído à utilização da ADF**, sendo os metais identificados associados às características naturais do solo local. Esse tipo de estudo é particularmente relevante porque avalia o comportamento do material **depois da aplicação em escala real**, e não somente dentro do laboratório.

“TODOS OS FENÓIS SÃO CANCERÍGENOS”? A CIÊNCIA EXIGE MAIS PRECISÃO.

O autor faz afirmações de que a legislação federal brasileira classifica genericamente a ADF como material cancerígeno e também a afirmação de que “**todos os fenóis são cancerígenos**”. Essas formulações absolutas não são cientificamente adequadas.

Toxicidade e carcinogenicidade precisam ser avaliadas considerando **qual substância está presente, sua concentração, forma química, mobilidade, biodisponibilidade, via de exposição, dose e duração da exposição**. A existência potencial de uma substância perigosa não demonstra, isoladamente, que determinado material ou aplicação represente risco inaceitável.

PERIGO NÃO É SINÔNIMO DE RISCO.

A própria EPA não ignorou os compostos orgânicos. Ao contrário: avaliou metais, PAHs, fenólicos, dioxinas e compostos semelhantes a dioxinas, utilizando inclusive cenários conservadores de exposição, antes de chegar às suas conclusões sobre os usos benéficos avaliados.

CIÊNCIA NÃO DEVE SER RESPONDIDA COM MEDO, MAS COM MAIS CIÊNCIA.

Os estudos realizados em áreas de disposição inadequada de ADF são importantes. Eles demonstram precisamente por que resíduos industriais **não devem ser descartados de maneira indiscriminada**, mas utilizar esses resultados para concluir que toda ADF é perigosa ou que toda forma de aproveitamento necessariamente produzirá os mesmos efeitos constitui uma extrapolação que não considera as diferentes condições de exposição. A ciência disponível hoje é muito mais ampla.

Há pesquisas da EPA, USDA, universidades norte-americanas, instituições australianas e europeias, EPAGRI, universidades e institutos brasileiros, além de aplicações de engenharia acompanhadas por monitoramento ambiental. O conhecimento acumulado aponta para uma conclusão mais equilibrada: **nem toda ADF pode ser utilizada indiscriminadamente, mas nem toda ADF deve ser destinada automaticamente a aterros.**

O caminho ambientalmente responsável é: **CARACTERIZAR → CLASSIFICAR → SEGREGAR → AVALIAR O RISCO E A APLICAÇÃO → AUTORIZAR → CONTROLAR → RASTREAR → MONITORAR.**

Quando o material não atender aos requisitos técnicos e ambientais, deverá receber destinação adequada. Quando atender aos critérios estabelecidos e houver alternativa segura de aproveitamento, tratá-lo automaticamente como rejeito significa desperdiçar recursos, consumir novas matérias-primas naturais e contrariar os princípios da economia circular.

O setor brasileiro de fundição precisa continuar avançando com **ciência, inovação, transparência, responsabilidade ambiental e segurança jurídica**. A resposta ao medo não deve ser outro discurso. **A resposta deve ser evidência científica.**

ATERRO LICENCIADO NÃO SIGNIFICA RISCO ZERO.

A discussão sobre a destinação da Areia Descartada de Fundição precisa considerar que **aterros industriais, mesmo quando licenciados e operados de acordo com as exigências ambientais, não representam sistemas de risco zero**. São estruturas de engenharia que dependem permanentemente da integridade dos sistemas de impermeabilização, drenagem, tratamento, controle geotécnico e monitoramento ambiental. Existe a necessidade de impermeabilização inferior e superior, drenagem de águas pluviais, tratamento de gases e restrições rigorosas quanto à localização dessas instalações.

A concentração de grandes volumes de resíduos em uma única área cria um **passivo ambiental que precisa ser controlado durante a operação e após o encerramento do aterro**. Eventuais falhas de impermeabilização ou drenagem podem favorecer a migração de contaminantes para o solo e as águas subterrâneas; problemas de estabilidade podem resultar em movimentações de massa e deslizamentos; e a operação ainda envolve riscos ocupacionais associados à movimentação de máquinas, compactação e manejo dos resíduos.

Além dos potenciais efeitos podem atingir não apenas o meio ambiente, mas também **trabalhadores e comunidades localizadas no entorno.**

Outro aspecto relevante é a **ocupação permanente de grandes áreas.** Quanto maior a quantidade de resíduos enviada para aterros, maior a demanda por novas células e áreas destinadas à disposição final. Ao mesmo tempo, materiais com potencial de aproveitamento deixam de substituir matérias-primas naturais. No caso da ADF, isso significa manter a disposição de um material predominantemente mineral enquanto novas quantidades de areia e agregados precisam ser extraídas da natureza para atender à construção civil. Existe o duplo efeito: **ocupação de áreas por resíduos e continuidade da exploração de recursos naturais.**

Há também uma questão de **responsabilidade ambiental de longo prazo.** O envio do resíduo para um aterro não significa necessariamente o encerramento de todas as responsabilidades relacionadas à sua destinação. Eventuais danos ambientais podem gerar consequências jurídicas e que, dependendo das circunstâncias e da legislação aplicável, responsabilidades podem alcançar diferentes agentes envolvidos na cadeia de gerenciamento do resíduo.

Essa análise é coerente com a própria lógica da **Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS**, que estabelece uma hierarquia para o gerenciamento: **não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, somente ao final, disposição ambientalmente adequada dos rejeitos.** Portanto, aterros são indispensáveis para aquilo que efetivamente precisa de disposição final, mas **não deveriam ser tratados como destino preferencial para materiais que apresentam viabilidade técnica, ambiental e legal de aproveitamento.**

No caso da ADF, a comparação adequada não é entre **“risco no aproveitamento”** e **“ausência de risco no aterro”**. A comparação deve considerar **dois sistemas de gerenciamento**, cada um com seus riscos, controles e consequências. Quando a ADF é previamente caracterizada, segregada, atende aos critérios ambientais aplicáveis, possui autorização para a finalidade pretendida e é utilizada em uma obra de engenharia com rastreabilidade e monitoramento, seu aproveitamento pode evitar a concentração de grandes volumes em aterros e, simultaneamente, **substituir recursos minerais naturais.**

Por isso, a pergunta tecnicamente mais adequada não é simplesmente **“a ADF apresenta algum perigo?”**, mas sim: **qual alternativa de gerenciamento apresenta menor risco e maior benefício ambiental, social e econômico, considerando todo o ciclo de vida do material?** Aterro licenciado não significa risco zero. Da mesma forma, aproveitamento não significa utilização sem controle. A decisão deve ser baseada em **caracterização, avaliação de risco, engenharia, legislação, rastreabilidade e monitoramento ambiental.**

E EXISTE UMA DIMENSÃO ECONÔMICA QUE NÃO PODE SER IGNORADA.

Os projetos de aproveitamento da ADF no Brasil têm proporcionado às fundições brasileiras uma economia de aproximadamente 87% nos custos de destinação, quando comparados ao envio do material para aterros privados.

Considerando cerca de **230 mil toneladas de ADF aproveitadas na construção civil ao longo de seis anos**, estima-se uma **economia próxima de R\$ 30 milhões para as fundições**, além de evitar que esse volume ocupasse espaço em aterros. Esses números demonstram que o aproveitamento da ADF não representa apenas um avanço ambiental: ele também **reduz significativamente os custos das empresas geradoras e modifica a dinâmica econômica tradicional de destinação desses resíduos**.

Esse contexto merece ser considerado diante de manifestações contrárias ao aproveitamento da ADF, inclusive em publicações como *Areias Mortais de Fundação*. Embora **não seja possível atribuir, sem evidências, a publicação do livro a interesses econômicos relacionados aos aterros**, é legítimo reconhecer que a expansão da economia circular reduz expressivamente a demanda por disposição final e movimenta valores relevantes.

A discussão deve, portanto, ser conduzida com base em **evidências científicas, segurança ambiental, legislação e interesse coletivo**, priorizando o aproveitamento ambientalmente seguro sempre que tecnicamente viável. **Em seis anos: cerca de 230 mil toneladas de ADF aproveitadas na construção civil, aproximadamente 87% de economia nos custos de destinação para as fundições e cerca de R\$ 30 milhões economizados.**

ABIFA – Associação Brasileira de Fundação

Comissão de Meio Ambiente