

Detecção dos principais resíduos estudados no Brasil, suas características químicas, periculosidade e propostas de aplicação

Detection of the main wastes studied in Brazil, their Chemical characteristics, and hazard classification

Aldo Ribeiro de Carvalho, Mestre, Universidade Federal de Ouro Preto.

aldorcarvalho@outlook.com

Alysson Miranda de Freitas, Doutor, Universidade Federal de Juiz de Fora.

alysson.miranda@ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [03]

Resumo

Desastres ambientais proveniente de materiais residuais afetam a fauna, a flora e podem causar perdas humanas e impactos socioeconômicos nas comunidades locais. Diante disso, é imperativo que os materiais residuais sejam reinseridos no ciclo produtivo. Assim, este estudo visa identificar os principais resíduos estudados no Brasil, além de localizá-los, identificar suas características químicas, nível de periculosidade e propor formas de reinseri-los no ciclo produtivo. Para isso, foi realizado uma busca exploratória entre os anos de 2001 a 2023 nas bases de dados Scopus, Scielo e Google Acadêmico e que identificaram 83 tipos de resíduos, oriundos do setor agrícola, da construção civil, geológicos e industriais. Destes, 15% são classificados como perigosos e 85% como não perigosos. A construção civil é um dos destinos que a maioria dos resíduos não perigosos e inertes podem ser reinseridos. Cerca de 48% dos resíduos identificados são encontrados em todo o Brasil, devendo ser priorizado políticas públicas para esses materiais.

Palavras-chave: Resíduos; Construção Civil; Reaproveitamento; Políticas Públicas; Revisão da Literatura

Abstract

Environmental disasters caused by waste materials affect fauna and flora and may lead to human losses as well as socioeconomic impacts on local communities. In this context, it is imperative to reintegrate waste materials into the production cycle. Thus, this study aims to identify the main types of waste studied in Brazil, as well as to determine their locations, chemical characteristics, hazard levels, and potential pathways for reintegration into the production cycle. To this end, an exploratory search was conducted covering the period from 2001 to 2023 using the Scopus, SciELO, and Google Scholar databases, identifying 83 types of waste originating from the agricultural, construction, geological, and industrial sectors. Among these, 15% are classified as hazardous and 85% as non-hazardous. The construction sector is one of the primary destinations for the reintegration of most non-hazardous and inert wastes. Approximately 48% of the identified waste types are found throughout Brazil, indicating the need to prioritize public policies targeting these materials.

Keywords: Waste; Construction Industry; Reuse; Public Policies; Literature Review

1. Introdução

Desastres são eventos adversos, naturais ou causados pelo ser humano, que provocam danos às pessoas, ao meio ambiente e às estruturas materiais, além de gerar prejuízos econômicos e sociais (BRASIL, 2023). O Brasil tem um histórico significativo de desastres relacionados a resíduos, muitos deles resultando em graves crimes ambientais. Em 1987, em Goiânia, ocorreu um grave acidente radioativo com Césio-137 devido ao descarte inadequado de um aparelho de Raios-X de uma clínica abandonada. A contaminação causou a morte de quatro pessoas e afetou mais de mil com exposição à radiação (G1, 2023). Em 2010, na cidade de Niterói-RJ, o Morro do Bumba sofreu um grande deslizamento de terra e resíduos urbanos após fortes chuvas. O local havia sido um lixão desativado, o que aumentou a instabilidade do terreno. Como consequência, 48 pessoas perderam a vida e milhares ficaram desabrigadas (Carvalho, 2014; Cunha, 2016). Nos anos de 2015 e 2019, o Brasil enfrentou dois dos maiores desastres ambientais de sua história com o rompimento das barragens de Mariana e Brumadinho, respectivamente (IBAMA, 2022; G1, 2023; VALE, 2024). Em ambos os casos, milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração foram despejados no meio ambiente, causando destruição da fauna e flora e resultando na morte de centenas de pessoas (G1, 2023; VALE, 2024).

Diante desse cenário, é fundamental adotar medidas para reduzir os impactos negativos dos resíduos no Brasil. Uma das estratégias mais eficazes é a reciclagem e o reaproveitamento desses materiais. Pesquisas mostram que rejeitos de barragens de minério de ferro podem ser utilizados na produção de ligantes geopoliméricos (Carvalho *et al.*, 2023). Outros materiais, como pó de tijolo e pó de mármore, podem ser incorporados em argamassas (Bayraktar *et al.*, 2019). Além disso, resíduos como cinzas de folha de bananeira, cinzas de carvão, cinzas de arroz e pó de vidro LCD têm aplicação na fabricação de concretos (Lo, Lee e Lo, 2021; Raju, Anand e Rakesh, 2021; Tavares *et al.*, 2022). O pó de mármore também pode ser usado como filler em concretos para pavimentos intertravados (Carvalho *et al.*, 2023b). Outros tipos de resíduos também têm potencial de reaproveitamento. O resíduo de granito, por exemplo, pode ser utilizado na fabricação de tintas (Moura *et al.*, 2023). Já na indústria de celulose, subprodutos como dregs, grits e krafts geram a lama de cal, que pode ser aplicada na produção de tijolos, blocos, estradas e bases de aeródromos (Torres *et al.*, 2020; Mymrin *et al.*, 2020). Além dos resíduos da indústria agrícola, mineral e de celulose, até mesmo materiais hospitalares têm sido estudados para reaproveitamento. Um exemplo são as máscaras usadas durante a pandemia de COVID-19, que podem ser recicladas e incorporadas ao concreto (Koniorczyk *et al.*, 2022).

A reutilização de materiais residuais é uma prática sustentável que ajuda a diminuir sua presença no meio ambiente e a reduzir os riscos de desastres associados. Diante disso, este trabalho tem como objetivo identificar os principais resíduos estudados por pesquisadores no Brasil, classificá-los de acordo com sua periculosidade e propor formas de reinseri-los no ciclo produtivo da construção civil. Além disso, busca identificar a localização desses resíduos para auxiliar no planejamento de políticas públicas locais.

2. Metodologia

A revisão bibliográfica de cunho exploratório, conforme preconizado por Prodanov e Freitas (2013), é a metodologia adotada para este estudo que se encontra resumida no fluxograma da Figura 1. Nesta etapa buscou-se identificar os principais resíduos estudados por pesquisadores brasileiros. Em seguida, esses resíduos foram classificados segundo sua periculosidade de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004). Os resíduos perigosos apresentam características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade e/ou patogenicidade. Já os resíduos não perigosos não possuem essas características e podem ser classificados como inertes, quando não interagem com outros compostos, ou não inertes, quando são biodegradáveis, combustíveis ou solúveis em água.

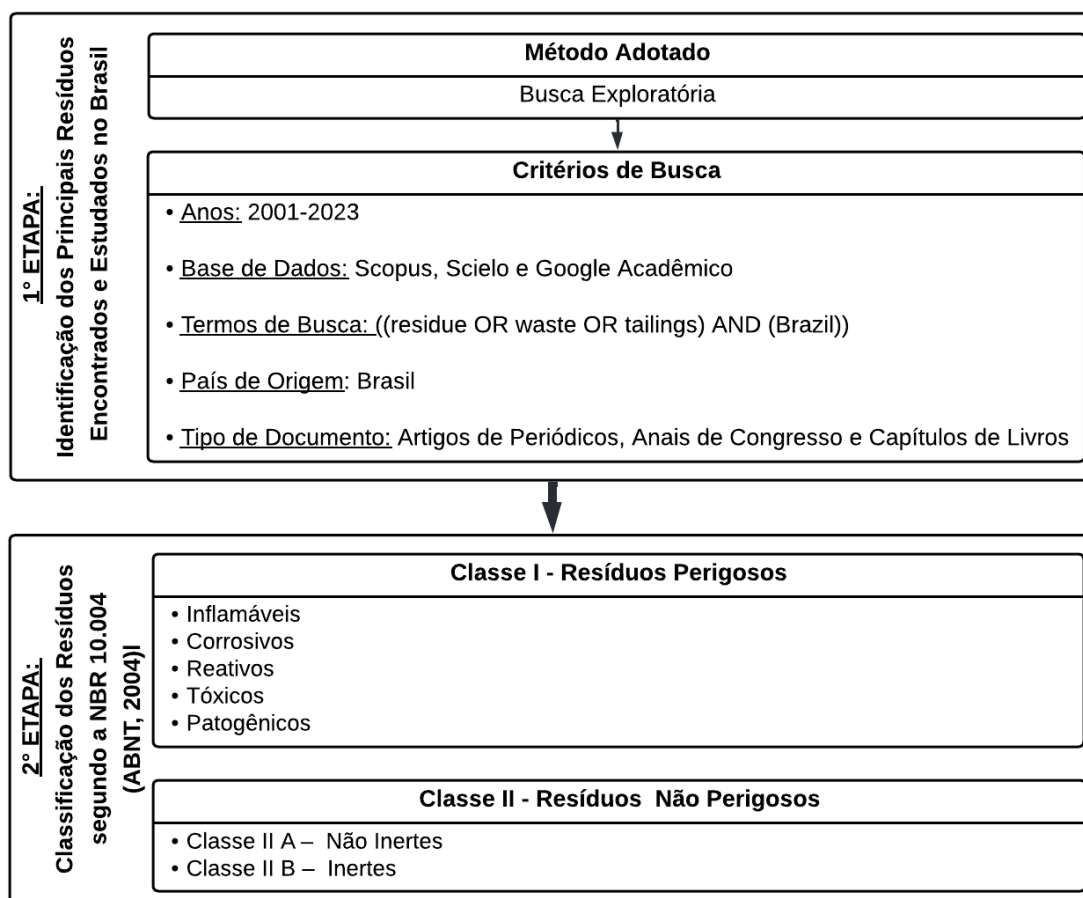


Figura 1: Fluxo metodológico adotado. Fonte: Os autores (2026)

3. Resultados

3.1 Detecção dos principais resíduos estudados no Brasil

O Quadro 1 apresenta os 83 resíduos identificados na pesquisa exploratória. Alguns foram agrupados por compartilharem a mesma origem ou processo industrial.

Quadro 1: Resíduos detectados, sua composição e periculosidade

Resíduo	Ref.	Composição Química Predominante	Ref. da Composição	Localização no Brasil ^(a)	Classificação segundo NBR 10.004 (ABNT, 2004a).
Agrícolas / Agroindustriais / Resíduos vegetais	(Costa <i>et al.</i> , 2022)	Holocelulose Lignina	(Souza <i>et al.</i> , 2021)	Todos os estados	Não Perigoso
Água residual de lavagem de ônibus	(Almeida <i>et al.</i> , 2010)	Grande variabilidade ^(c)	-	Todos os estados	Perigoso ^(d)
Água residual de frigorífico de pescado	(Souza <i>et al.</i> , 2018)	Grande variabilidade ^(c)	-	Todos os estados	Não Perigoso
Água residual de unidades de dessalinização	(Souza <i>et al.</i> , 2021)	Cl ⁻ Mg ⁺² Na ⁺²	(Souza <i>et al.</i> , 2021)	RJ, ES, MA, PI, CE, RN, PB, AL, SE, BA	Não Perigoso
Água residual industrial	(Hansen, Rodrigues e Aquim, 2016)	Grande variabilidade ^(c)	-	Todos os estados	Não Perigoso
Águas residuais de mandioca	(Santos <i>et al.</i> , 2023)	K N Mg	(Souza <i>et al.</i> , 2021)	SP, MG, AC, AM, PA, MA, BA, PR, RS	Não Perigoso
Cal	(Baldovino, Izzo e Ekinci, 2023)	CaO MgO SiO ₂	(Baldovino, Izzo e Ekinci, 2023)	SP, RJ, MG, ES, TO, GO, DF, MT, MS, RO, PA, MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, BA, SE, PR, SC, RS	Não Perigoso
Cal carboneto	(Lotero, Moncaleano e Consoli, 2023)	CaO Fe ₂ O ₃ SiO ₂	(Atma e Souahi, 2021)	SP, MG, AM, PA, PE, RS	Perigoso
Calcário	(Medeiros <i>et al.</i> , 2016)	MgO Fe ₂ O ₃ CaO	(Medeiros <i>et al.</i> , 2016)	SP, RJ, MG, ES, GO, DF, MS, MT, RO, AM, PA, MA, PI, CE, RN, PB, PE, BA, AL, SE, TO, PR, SC, RS	Não Perigoso
Casca de café	(Almeida <i>et al.</i> , 2023)	Lignina Celulose Hemicelulose	(Almeida <i>et al.</i> , 2023)	SP, RJ, MG, ES, GO, MT, RO, BA, PR	Não Perigoso
Casca de coco	(Avelino <i>et al.</i> , 2018)	K ₂ O Fe ₂ O ₃ SiO ₂	(Saini <i>et al.</i> , 2024)	MG, ES, MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	Não Perigoso
Caulim	(Maruoka <i>et al.</i> , 2023)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ MgO	(Maruoka <i>et al.</i> , 2023)	AP, AM, PA	Não Perigoso
Cerâmica / Azulejos cerâmicos / Tijolos cerâmicos / Cerâmica vermelha	(Medeiros <i>et al.</i> , 2016)	CaO K ₂ O Al ₂ O ₃	(Medeiros <i>et al.</i> , 2016)	Todos os estados	Não Perigoso
Cinza de bagaço de cana / Bagaço de cana / Cinza de palha de cana	(Teixeira <i>et al.</i> , 2021)	SiO ₂ K ₂ O P ₂ O	(Teixeira <i>et al.</i> , 2021)	SP, MG, GO, MS, MT, RN, PB, PE, AL, SE	Não Perigoso
Cinza de biomassa	(Almeida e Cordeiro, 2023)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ K ₂ O	(Almeida e Cordeiro, 2023)	Todos os estados	Não Perigoso
Cinza de casca de arroz / Casca de arroz	(Geraldo, Fernandes e Camarini, 2017)	SiO ₂ Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	(Geraldo, Fernandes e Camarini, 2017)	Todos os estados	Não Perigoso
Cinza de folha de bambu	(Silva <i>et al.</i> , 2021)	SiO ₂ CaO Fe ₂ O ₃	(Silva <i>et al.</i> , 2021)	SP, MG, AC, MA, PB, BA, PR, RS	Não Perigoso
Cinza de madeira / Resíduo de madeira / Serragem	(Bonfim-Silva <i>et al.</i> , 2019)	K ₂ O Ca Mg	(Bonfim-Silva <i>et al.</i> , 2019)	Todos os estados	Não Perigoso
Cinzas volantes / Cinzas volantes de	(Consoli, Rocha e Saldanha, 2019)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	(Lange <i>et al.</i> , 2019)	SP, RJ, MG, PA, MA, CE, PR, SC, RS	Não Perigoso

Resíduo	Ref.	Composição Química Predominante	Ref. da Composição	Localização no Brasil ^(a)	Classificação segundo NBR 10.004 (ABNT, 2004a).
carvão	(2014)				
Concreto	(Aguilar, Garcia e Santos, 2022)	SiO ₂ CaO Al ₂ O ₃	(Aguilar, Garcia e Santos, 2022)	Todos os estados	Não Perigoso
Construção e demolição	(Azevedo <i>et al.</i> , 2020)	SiO ₂ CaO Al ₂ O ₃	(Azevedo <i>et al.</i> , 2020)	Todos os estados	Não Perigoso
Curtume / Couro	(Riguetto <i>et al.</i> , 2022)	Cr ₂ O ₃	(Priebe <i>et al.</i> , 2016)	SP, MG, GO, MS, CE, PB, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Dejetos de animais	(Silva <i>et al.</i> , 2020)	N ₂ O CH ₄	(Amaral Júnior, 2022)	Todos os estados	Não Perigoso
Dregs	(Mymrin <i>et al.</i> , 2020)	CaO MgO Na ₂ O	(Mymrin <i>et al.</i> , 2020)	SP, RJ, MG, ES, GO, MS, CE, PB, PE, SE, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Efluentes da indústria farmacêutica	(Prado <i>et al.</i> , 2019)	Ca K N	(Prado <i>et al.</i> , 2019)	SP, RJ, MG, ES, GO, DF, AM, RN, CE, PB, PE, AL, BA, PR, RS	Perigoso
Escória de aciaria / Escória de forno de oxigênio básico	(Carvalho <i>et al.</i> , 2022)	CaO Fe ₂ O ₃ SiO ₂	(Carvalho <i>et al.</i> , 2022)	RJ, MG, ES, MS, RN, CE, PB, BA, PR, SC	Não Perigoso
Escória de alto forno	(Gonçalves, Balestra e Gil, 2023)	SiO ₂ CaO Al ₂ O ₃	(Gonçalves, Balestra e Gil, 2023)	SP, RJ, MG, ES, PA, MA, CE	Não Perigoso
Escória de reator Kambara	(Dieguez <i>et al.</i>)	CaO Fe ₂ O ₃ SiO ₂	(Dieguez <i>et al.</i>)	RJ, MG, ES, MS, RN, CE, PB, BA, PR, SC	Não Perigoso
Esgoto humano	(Oliveira <i>et al.</i> , 2021)	N P K	(Lobo e Américo-Pinheiro, 2021)	Todos os estados	Não Perigoso
EVA (Etileno Vinil Acetato)	(Ribeiro <i>et al.</i> , 2020)	Acetato de Vinila	(Luna <i>et al.</i> , 2021)	SP, MG, CE, PB, PE, SE, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Fibras de abacaxi	(Azevedo <i>et al.</i> , 2021)	Lignina Celulose Hemicelulose Pectina	(Botelho, Conceição e Carvalho, 2002)	SP, RJ, MG, ES, PA, TO, RN, PB, AL	Não Perigoso
Fosfogesso	(Costa e Gonçalves, 2022)	CaO SiO ₃ SiO ₂	(Costa e Gonçalves, 2022)	SP, MG, GO, TO, PI, CE, PB, PE, BA, SC	Não Perigoso
Granito	(Rodrigues <i>et al.</i> , 2022)	SiO ₂ CaO Fe ₂ O ₃	(Rodrigues <i>et al.</i> , 2022)	RJ, MG, ES, MS, CE, RN, PB, BA, PR, SC	Não Perigoso
Grãos	(Siqueira e Holanda, 2013)	CaO K ₂ O SO ₃	(Siqueira e Holanda, 2013)	SP, RJ, MG, ES, GO, MS, CE, PB, PE, SE, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Lama de galvanoplastia	(Pinto <i>et al.</i> , 2021)	Fe ₂ O ₃ ZnO MnO ₂	(Pinto <i>et al.</i> , 2021)	SP, RJ, MG, ES, GO, MT, MS, RO, AM, PA, MA, CE, RN, PB, PE, BA, PR, SC, RS	Perigoso ^(d)
Lama têxtil	(Almeida, Franco e Tavares, 2015)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ Na ₂ O	(Almeida, Franco e Tavares, 2015)	SP, RJ, MG, CE, RN, PB, PE, SE, BA, PR, SC, RS	Perigoso ^(d)
Lama vermelha / Resíduo de bauxita	(Azevedo <i>et al.</i> , 2022)	Al ₂ O ₃ SiO ₂ Fe ₂ O ₃	(Azevedo <i>et al.</i> , 2022)	SP, MG, PA, MA, SC	Perigoso ^(d)
Lã de vidro	(Medeiros <i>et al.</i> , 2021)	SiO ₂ CaO Al ₂ O ₃	(Medeiros <i>et al.</i> , 2021)	Todos os estados	Não Perigoso
Lodo de tratamento de água / Lodo de esgoto	(Geraldo, Fernandes e Camarini, 2017)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	(Geraldo, Fernandes e Camarini, 2017)	Todos os estados	Não Perigoso
Mármore	(Carvalho <i>et al.</i> , 2023b)	CaO MgO SiO ₂	(Ramos, Passalini e Holanda, 2023)	RJ, MG, ES, MS, RN, CE, PB, BA, PR, SC	Não Perigoso
Papel / Papelão	(Mymrin <i>et al.</i> , 2020)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO	(Pinheiros <i>et al.</i> , 2007)	Todos os Estados	Não Perigoso
Pedras ornamentais /	(Gadioli <i>et al.</i> , 2023)	SiO ₂ ^(b) Al ₂ O ₃	(Gadioli <i>et al.</i> , 2023)	RJ, MG, ES, MS, CE,	Não Perigoso

Resíduo	Ref.	Composição Química Predominante	Ref. da Composição	Localização no Brasil ^(a)	Classificação segundo NBR 10.004 (ABNT, 2004a).
Rochas ornamentais		Fe ₂ O ₃		RN, PB, BA, PR, SC	
PET (Polietileno Tereftalato) / Sacolas Plásticas	(Silva <i>et al.</i> , 2018)	ácido tereftálico etilenoglicol	(Silva <i>et al.</i> , 2018)	Todos os estados	Não Perigoso
Pneu / Borracha de pneu / Borracha	(Copetti <i>et al.</i> , 2020)	C Fe Zn	(Copetti <i>et al.</i> , 2020)	Todos os estados	Não Perigoso
Pó de forno de arco elétrico	(Sellitto <i>et al.</i> , 2021)	ZnO Fe ₂ O ₃ SiO ₂	(Paiva <i>et al.</i> , 2021)	SP, RJ, MG, ES, PA, CE, PE, BA, PR, RS	Perigoso
Pó do polimento de porcelanato	(Ramos <i>et al.</i> , 2018)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	(Ramos <i>et al.</i> , 2018)	SP, MG, ES, GO, MS, CE, RN, PB, PE, SE, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Polpa de celulose	(Lacerda <i>et al.</i> , 2023)	Celulose	(Lacerda <i>et al.</i> , 2023)	SP, RJ, MG, ES, MS, RO, AM, PA, MA, PE, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Quartzito	(Reis, Collares e Reis, 2017)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ MgO	(Aguar <i>et al.</i> , 2024)	SP, MG, ES, GO, CE, PE, BA, PR, RS	Não Perigoso
Rejeito de minério de carvão	(Acordi <i>et al.</i> , 2023)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	(Acordi <i>et al.</i> , 2023)	PR, SC, RS	Não Perigoso
Rejeito de minério de cromita	(Blaskowski <i>et al.</i> , 2019)	Cr ₂ O ₃ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	(Cruz-Crespo <i>et al.</i> , 2019)	MG, GO, AP, AM, PA, TO, MA, PI, CE, BA, SC	Não Perigoso
Rejeito de minério de ferro	(Carvalho <i>et al.</i> , 2023a)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	(Carvalho <i>et al.</i> , 2023a)	MG, MS, PA	Perigoso ^(d)
Resíduo de minério não reagido	(Ribeiro <i>et al.</i>)	TiO ₂ SiO ₂ CaO	(Ribeiro <i>et al.</i>)	BA	Não Perigoso
Resíduos de al-anodização	(Souza <i>et al.</i> , 2020)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ CaO	(Souza <i>et al.</i> , 2020)	SP, RJ, MG, ES, GO, MT, MS, RO, AM, CE, RN, PB, PE, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Radioativos - Usinas nucleares	(Crispianiano e Brito, 2022)	U	(EletrNuclear, 2024)	RJ	Perigoso
Scheelita	(Araújo <i>et al.</i> , 2021)	CaO SiO ₂ Fe ₂ O ₃	(Araújo <i>et al.</i> , 2021)	RN	Perigoso ^(d)
Sílica ativa	(Mendes <i>et al.</i> , 2021)	SiO ₂ ^(b)	(Mendes <i>et al.</i> , 2021)	SP, MG, GO, MS, PA, CE, BA	Não Perigoso
Solos/ Rochas residuais	(Aquino <i>et al.</i> , 2020)	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Na ₂ O	(Aquino <i>et al.</i> , 2020)	Todos os estados	Não Perigoso
Solos residuais - Perfuração	(Sobrinho <i>et al.</i> , 2020)	Ca Mg Ba	(Sobrinho <i>et al.</i> , 2020)	SP, RJ, MG, ES, MS, AM, PA, MA, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA, PR, SC, RS	Não Perigoso
Tecido	(Ferreira <i>et al.</i> , 2015)	C H N	(Jamaludin <i>et al.</i>)	Todos os estados	Não Perigoso
Tinta	(Mymrin <i>et al.</i> , 2019)	BaO TiO ₂ CaO	(Mymrin <i>et al.</i> , 2019)	Todos os estados	Perigoso ^(d)
Pó de vidro / Vidro moído	(Higuchi <i>et al.</i> , 2021)	SiO ₂ CaO Na ₂ O	(Higuchi <i>et al.</i> , 2021)	Todos os estados	Não Perigoso

^(a) Dados coletados em anuários de produção disponibilizados portais de instituições públicas e privadas

^(b) Corresponde a mais de 80% do material

^(c) Ampla variabilidade dos componentes do resíduo, variando conforme sua origem ou forma de armazenamento

^(d) Classificação generalista posto que é necessário um estudo específico de cada resíduo

Fonte: Os autores (2026).

3.2 Análises

No Quadro 1 nota-se que resíduos detectados provêm dos setores agrícola (ex.: casca de arroz, restos vegetais, fibras de abacaxi, casca de café, casca de coco), da construção civil (ex.: concreto, resíduos de construção e demolição, cerâmica, granito, mármore, madeira, serragem, vidro), geológico (ex.: rejeito de minério de ferro, lama vermelha, lama de galvanoplastia, resíduos de caulim e de perfuração de solo) e industrial (ex.: escória de aço, poeira de fornos elétricos, resíduos de anodização de alumínio).

Resíduos hospitalares (comuns, infectantes, perfurocortantes, químicos e radioativos) e resíduos sólidos urbanos (eletrônicos, matéria orgânica, metais, óleos) não foram incluídos no Quadro 1 devido à diversidade de sua composição química e periculosidade, mesmo pertencendo à mesma categoria. Entre os resíduos analisados, 85% são classificados como não perigosos e apenas 15% como perigosos, evidenciando a predominância de estudos sobre resíduos não perigosos, possivelmente pelo menor risco à saúde e ao meio ambiente.

A falta de pesquisas sobre a reutilização de resíduos perigosos reforça a necessidade de descarte adequado conforme as normas brasileiras e diretrizes do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Medidas de segurança no trabalho podem viabilizar sua reinserção em atividades produtivas, reduzindo descartes irregulares e armazenamentos onerosos que representam riscos ambientais e sociais.

Resíduos da mineração, como rejeito de minério de ferro, lama vermelha, lama de galvanoplastia e scheelita, são considerados perigosos devido às substâncias utilizadas no processo produtivo. No entanto, essa classificação pode ser imprecisa, exigindo testes de lixiviação e solubilização para determinar seu potencial poluente. Por exemplo, o rejeito de minério de ferro, por ser inerte, pode ser aproveitado na construção civil como fíler em concretos (Carvalho *et al.*, 2023b) ou material precursor na geopolimerização (Carvalho *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2025).

A água residual da lavagem de ônibus é classificada como perigosa devido à presença de óleos do combustível e da lataria oxidada, além de produtos químicos como detergentes e sabão, prejudiciais ao meio ambiente. Embora imprópria para consumo humano e uso agrícola, pode ser tratada e reutilizada em processos produtivos.

Dos resíduos listados no Quadro 1, 20 possuem SiO_2 como principal componente, essencial para a produção de geopolímeros devido ao seu papel na cristalização durante o processo de geopolimerização, seja em meio ácido ou alcalino (Carvalho *et al.*, 2023). O Al_2O_3 e o Fe_2O_3 também são recorrentes e igualmente importantes para esse processo, tornando os resíduos que os contêm fortes candidatos a precursores geopoliméricos.

O Quadro 1 identifica resíduos presentes em todo o Brasil, como PET, sacolas plásticas, tecidos, papéis, papelões, lodo de tratamento de água, esgoto humano, dejetos de animais e resíduos sólidos urbanos. Apesar da alta geração desses materiais, suas taxas de reaproveitamento e reciclagem são baixas. Segundo a (ABRELPE, 2023), apenas 5% desses resíduos foram reaproveitados em 2022.

Globalmente, cerca de 75% dos pneus e vidros, 60% dos resíduos de construção e demolição e 55% dos plásticos são destinados a aterros sanitários (Ferdous *et al.*, 2021). Esses materiais ocupam grandes volumes e geram impactos ambientais e riscos à saúde, especialmente quando descartados de forma inadequada. Para mitigar esses efeitos, a

Resolução nº 416/2009 do CONAMA proíbe a disposição de pneus em aterros sanitários, exigindo que fabricantes implementem programas de coleta e destinação adequada, conforme previsto também na PNRS (CONAMA, 2009; BRASIL, 2010).

Em 2021, foram coletadas mais de 48 milhões de toneladas de resíduos da construção e demolição, equivalente a quase 230 kg por pessoa (ABRELPE, 2023). A Região Sudeste respondeu por 52% dessa produção, enquanto a Região Centro-Oeste apresentou a maior coleta per capita, com 323 kg por habitante ao ano (ABRELPE, 2023). O descarte de resíduos plásticos é um desafio para o Brasil, o quarto maior produtor mundial desse tipo de resíduo. Sua ampla presença em embalagens e outros produtos contribui para essa elevada produção (ABRECON, 2022).

A partir do Quadro 1 evidencia que os resíduos estão distribuídos por todo o país. Dessa forma, a sua identificação bem como do seu local de ocorrência, como realizado neste estudo, representam uma ferramenta essencial para empresas e instituições de ensino e pesquisa. Esses dados facilitam a identificação de resíduos disponíveis localmente, otimizando a logística de transporte para o desenvolvimento de novos produtos e sua reintegração ao ciclo produtivo. Além disso, servem de base para a formulação de políticas públicas voltadas ao reaproveitamento de resíduos.

A identificação desses materiais também auxilia o Poder Público, a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros no monitoramento e controle dos riscos associados à disposição final dos resíduos. Assim, essa análise contribui para a gestão eficiente de riscos, aprimorando as operações dos órgãos públicos e reforçando a segurança da população e do meio ambiente.

4. Conclusões

Este estudo realizou uma análise exploratória da literatura e identificou 83 tipos de resíduos disponíveis no Brasil, pesquisados por cientistas brasileiros entre 2001 e 2023. Em seguida, foram examinados os compostos químicos presentes nesses materiais, os riscos associados a eles e possíveis formas de reaproveitamento.

As principais conclusões do estudo são:

- 85% dos resíduos analisados são classificados como não perigosos, enquanto 15% apresentam risco.
- A maioria dos resíduos inorgânicos contém, principalmente, dióxido de silício (SiO_2), seguido de óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de ferro (Fe_2O_3). Esses compostos tornam os materiais adequados para uso como precursores geopoliméricos, especialmente se estiverem em estado amorfo.
- Materiais inorgânicos, não perigosos e inertes podem ser aproveitados na construção civil, principalmente como agregados em compósitos cimentícios.
- Resíduos da construção civil, agrícolas, urbanos e hospitalares representam mais de 48% dos resíduos identificados no Brasil e estão amplamente distribuídos pelo país. É fundamental priorizar o investimento em novas tecnologias para o reaproveitamento e reciclagem desses materiais, além de elaborar políticas públicas voltadas especificamente para sua gestão.

Para pesquisas futuras, recomenda-se analisar a quantidade de resíduos gerados e desenvolver um método para avaliar seu impacto ambiental no cenário atual. Com essa abordagem, será possível definir quais resíduos devem ser priorizados em políticas públicas e identificar aqueles que representam maior risco para o meio ambiente e a sociedade.

Referências

- ABNT. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro. 2004.
- ABNT. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro. 2004a.
- ABRECON. Encontro Nacional das Usinas de Reciclagem de RCD apresenta dados inéditos sobre a reciclagem de entulho no Brasil. **ABRECON**, 2022. Disponível em: <<https://abrecon.org.br/encontro-nacional-das-usinas-de-reciclagem-de-rcd-apresenta-dados-ineditos-sobre-a-reciclagem-de-entulho-no-brasil/>>. Acesso em: 05 abr. 2024.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). São Paulo, p. 1-64. 2023.
- ACORDI, J. et al. Waste valorization of coal mining waste from a circular economy perspective: A Brazilian case study based on environmental and physicochemical features. **Resources Policy**, January 2023.
- AGUIAR, M. C. D. et al. Eco-Efficient Artificial Stones Produced Using Quartzite Quarry Waste and Vegetable Resin. **Sustainability**, 2024.
- AGUILAR, J. V. M. M. T. P.; GARCIA, D. C. S.; SANTOS, W. J. D. Management and characterization of concrete wastes from concrete batching plants in Belo Horizonte – Brazil. **Journal of Materials Research and Technology**, 2022.
- ALMEIDA, C. M. V. B. et al. Identifying improvements in water management of bus-washing stations in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, September 2010.
- ALMEIDA, M. N. D. et al. Exploring the potential of coffee husks as a raw material for second-generation ethanol production. **BioEnergy Research**, 16 August 2023.
- ALMEIDA, P. H. S.; FRANCO, J. D. M.; TAVARES, C. R. G. Influência do tipo de argila no processo de solidificação/estabilização de lodo têxtil. **Cerâmica**, Jan-Mar 2015.
- ALMEIDA, R. P. A.; CORDEIRO, G. C. Sustainable approach to simultaneously improve the pozzolanic activity of sugarcane bagasse ash and the vinasse fertilization potential. **Cleaner Engineering and Technology**, April 2023.
- AMARAL JÚNIOR, F. **Quantificação das emissões de óxido nitroso e metano de fezes de herbívoros e suas relações com a composição química das fezes**. Universidade Estadual Paulista. Jaboticaba. 2022.
- AQUINO, J. M. D. et al. The potential of alkaline rocks from the Fortaleza volcanic province (Brazil) as natural fertilizers. **Journal of South American Earth Sciences**, 2020.
- ARAÚJO, A. L. D. et al. Poder de mitigação da cinza de casca de arroz ao ataque por sulfatos em argamassas confeccionadas com resíduos de scheelita. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, 2021.
- ATMA, W.; SOUAI, F. Characterization of carbide lime waste: a comparative study for acid soil stabilization. **Acta Periodica Technologica**, 2021.
- AVELINO, F. et al. Microwave-assisted organosolv extraction of coconut shell lignin by Brønsted and Lewis acids catalysts. **Journal of Cleaner Production**, 785-796 July 2018.
- AZEVEDO, A. R. G. D. et al. Application of pineapple fiber in the development of sustainable mortars. **Agronomy Research**, 2021.
- AZEVEDO, A. R. G. D. et al. Perspectives for the application of bauxite wastes in the development of alternative building materials. **Journal of Materials Research and Technology**, September-October 2022. 3114-3125.
- AZEVEDO, A. R. G. et al. Analysis of the compactness and properties of the hardened state of mortars with recycling of construction and demolition waste (CDW). **Journal of Materials Research and Technology**, 9, n. 3, 2020. 5942-5952.
- BALDOVINO, J. D. J. A.; IZZO, R. L. D. S.; EKINCI, A. Strength, durability, and microstructure of lime production residue glass powder binder-based geomaterial. **Acta Geotechnica**, 2023.
- BAYRAKTAR, O. Y. et al. Investigation of the mechanical properties of marble dust and silica fume substituted portland cement samples under high temperature effect. **Fresenius Environmental Bulletin**, 2019. 3865-3875.
- BLASKOWSKI, A. E. et al. Potencial agromineral das rochas de descarte da mina de cromita Ipueira, Bahia. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, 2019. 355-373.
- BONFIM-SILVA, E. M. et al. Wood ash and water availability in the production of Paiaguás-grass. **Revista Ambiente & Água**, 2019.
- BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A. D.; CARVALHO, V. D. D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Ciência Agrotec**, Lavras, mar./a br. 2002. 362-367.

BRASIL. **Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12. Brasília-DF. 2010.**

BRASIL. Glossário de Defesa Civil, Estudos de Risco e Medicina de Desastres. **Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional**, 29 Novembro 2023. Disponível em:

<<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/glossario.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

CARVALHO, A. R. D. et al. Proposition of geopolymers obtained through the acid activation of iron ore tailings with phosphoric acid. **Construction and Building Materials**, 403, 3 November 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823027952>>.

CARVALHO, A. R. D. et al. Proposition of geopolymers obtained through the acid activation of iron ore tailings with phosphoric acid. **Construction and Building Materials**, 403, 3 November 2023a. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823027952>>.

CARVALHO, A. R. D. et al. Influência do efeito filler do pó de mármore na produção de concretos para pavimentos intertravados. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 23, out./dez. 2023b. 217-239. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/TqPt9XkXZkZt8ZWcRghhLh/abstract/?lang=pt#:~:text=Notou%2Dse%20que%20o%20p%C3%B3,mais%20resistente%2C%20denso%20e%20homog%C3%AAneo.>>>.

CARVALHO, A. R. D. et al. Exploratory literature review and scientometric analysis of artificial intelligence applied to geopolymeric materials. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 2025.

CARVALHO, D. T. **As Políticas Públicas de Gestão de Desastres Ambientais: o caso do município de Niterói**. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídicas e Sociais) – Programa de Pós-Graduação em. Niterói. 2014.

CARVALHO, V. R. et al. Performance of low-energy steel slag powders as supplementary cementitious materials. **Construction and Building Materials**, 14 August 2022.

CONAMA. **Resolução nº 416 de 30 de setembro de 2009 - Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. [S.l.]. 2009.

CONSOLI, N. C.; ROCHA, C. G. D.; SALDANHA, R. B. Coal fly ash–carbide lime bricks: An environment friendly building product. **Construction and Building Materials**, 30 October 2014.

COPETTI, C. M. et al. Evaluation of tire rubber surface pre-treatment and silica fume on physical-mechanical behavior and microstructural properties of concrete. **Journal of Cleaner Production**, 20 May 2020.

COSTA, A. R. D.; GONÇALVES, J. P. Rheological properties and hydration of ternary cements containing clay brick, clay tile, marble, and phosphogypsum waste. **Ambiente Construído**, 2022.

COSTA, G. G. D. et al. Mapping and energy analysis of Brazilian bioenergy power potential for three agricultural biomass byproducts. **Journal of Cleaner Production**, 15 May 2022.

CRISPIANIANO, J. M.; BRITO, A. C. D. **Caminhos para reutilização de instalações nucleares brasileiras de pesquisa**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. [S.l.]: ANTAC. 2022. p. 1-11.

CRUZ-CRESPO, A. et al. Flux for hardfacing by submerged arc welding from ferrochrome-manganese and slag from the simultaneous reduction of chromite and pyrolusite. **Soldagem & Inspeção**, 2019.

CUNHA, B. P. D. Morro do Bumba: o desastre dentro da tragédia. **Insight Inteligência**, Julho - Setembro 2016.

DIEGUEZ, A. C. D. O. et al. Comparison of Kambara reactor slag with blast furnace slag for Portland cement industry applications. **Journal of Materials Research and Technology**.

ELETRONUCLEAR. Gerenciamento de Resíduos. **Eletronuclear**, 2024. Disponível em:

<<https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Paginas/Gerenciamento-de-residuos.aspx>>. Acesso em: 31 Mar 2024.

FERDOUS, W. et al. Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities. **Resources, Conservation and Recycling**, October 2021.

FERREIRA, M. D. et al. Redução de resíduos têxteis por meio de projeto de produto de moda. **Design & Tecnologia**, 2015.

G1. Césio 137: maior acidente radiológico da história aconteceu em Goiás e afetou mais de mil pessoas; relembre. **G1**, 06 Julho 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2023/07/06/cesio-137-maior-acidente-radiologico-da-historia-aconteceu-em-goias-e-afetou-mais-de-mil-pessoas-relembre.ghml>>.

G1. Quatro anos da tragédia em Brumadinho: 270 mortes, três desaparecidos e nenhuma punição. **G1**, 25<<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2023/01/25/quatro-anos-da-tragedia-em-brumadinho-270-mortes-tres-desaparecidos-e-nenhuma-punicao.ghml>> Janeiro 2023.

GADIOLI, M. C. B. et al. Evaluation of the contents of ornamentals stones wastes and vegetable polyurethane resin in the production of engineered stones. **Journal of Building Engineering**, 1 November 2023.

GERALDO, R. H.; FERNANDES, L. F. R.; CAMARINI, G. Water treatment sludge and rice husk ash to sustainable geopolymer production. **Journal of Cleaner Production**, 15 April 2017. 146-155.

- GONÇALVES, L. F. D. C.; BALESTRA, C. E. T.; GIL, M. A. R. Evaluation of mechanical, physical and chemical properties of ecological modular soil-alkali activated bricks without Portland cement. **Environmental Development**, December 2023.
- HANSEN, E.; RODRIGUES, M. A. S.; AQUIM, P. M. D. Wastewater reuse in a cascade based system of a petrochemical industry for the replacement of losses in cooling towers. **Journal of Environmental Management**, 1 October 2016. 157-162.
- HIGUCHI, A. M. D. et al. Use of glass powder residue as an eco-efficient supplementary cementitious material. **Construction and Building Materials**, 18 October 2021.
- IBAMA. Rompimento da Barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**, 28 Novembro 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2020/rompimento-da-barragem-de-fundao-documentos-relacionados-ao-desastre-da-samarco-em-mariana-mg>>.
- JAMALUDIN, S. I. S. et al. Textile waste valorization as potential activated carbon precursor for the removal of water contaminants: Commentary. **Materialstoday: proceedings**, 2024. 110-115.
- KONIORCZYK, M. et al. Performance of concrete containing recycled masks used for personal protection during coronavirus pandemic. **Construction and Building Materials**, 21 March 2022.
- LACERDA, M. P. D. et al. Efeito da adição de polpa de celulose nanofibrilada nas propriedades de argamassas de revestimento. **Matéria (Rio de Janeiro)**, 2023.
- LANGE, C. N. et al. Long-term leaching of As, Cd, Mo, Pb, and Zn from coal fly ash in column test. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2019.
- LO, F.-C.; LEE, M.-G.; LO, S.-L. Effect of coal ash and rice husk ash partial replacement in ordinary Portland cement on pervious concrete. **Construction and Building Materials**, 7 June 2021.
- LOBO, I. V.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. Esgoto sanitário: caracterização, tratamento e ecotoxicidade. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, p. 108-121, 2021.
- LOTTERO, A.; MONCALEANO, C. J.; CONSOLI, N. C. Alkali-activated red ceramic wastes-carbide lime blend: An alternative alkaline cement manufactured at room temperature. **Journal of Building Engineering**, 15 April 2023.
- LUNA, C. B. B. et al. Additivation of the ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) with maleic anhydride (MA) and dicumyl peroxide (DCP): the impact of styrene monomer on cross-linking and functionalization. **Polymer Bulletin**, August 2021.
- MARUOKA, L. M. A. et al. Effect of thermal annealing on kaolin from the Amazon region, aiming at the production of geopolymer. **Journal of Materials Research and Technology**, July-August 2023.
- MEDEIROS, M. G. et al. A cleaner material production by the incorporation of the rockwool waste into portland cement matrices. **Journal of Cleaner Production**, 293, April 2021.
- MEDEIROS, M. H. F. D. et al. Resíduo de cerâmica vermelha e fíler calcário em compósito de cimento Portland: efeito no ataque por sulfatos e na reação álcali-sílica. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Jun. 2016.
- MENDES, B. et al. Assessment of mechanical and microstructural properties of geopolymers produced from metakaolin, silica fume, and red mud. **International Journal of Applied Ceramic Technology**, 2021. 262–274.
- MOURA, H. R. D. C. V. et al. Influence of biocide and dispersant additives on the performance and durability of building paints produced with granite waste. **Construction and Building Materials**, 15 December 2023.
- MYMRIN, V. et al. Manufacturing of sustainable ceramics with improved mechanical properties from hazardous car paint waste to prevent environment pollution. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 29 October 2019.
- MYMRIN, V. et al. Efficient application of cellulose pulp and paper production wastes to produce sustainable construction materials. **Construction and Building Materials**, 263, 10 December 2020.
- OLIVEIRA, A. C. L. D. et al. Modeling for estimating and optimizing the energy potential of animal manure and sewage in small and medium-sized farms. **Journal of Cleaner Production**, 15 October 2021.
- PAIVA, F. F. G. D. et al. Utilization of inorganic solid wastes in cementitious materials – A systematic literature review. **Construction and Building Materials**, 24 May 2021.
- PINHEIROS, R. N. et al. **Caracterização de Resíduo de Papel**. Congresso Brasileiro de Cerâmica. Salvador - BA: [s.n.]. 2007.
- PINTO, F. M. et al. Treatment, reuse, leaching characteristics and genotoxicity evaluation of electroplating sludge. **Journal of Environmental Management**, 15 February 2021.
- PRADO, C. A. et al. Evaluation of the use of fertilizer obtained from pharmaceutical effluent. **Revista Ambiente & Água**, 2019.
- PRIEBE, G. P. S. et al. Anaerobic digestion of chrome-tanned leather waste for biogas production. **Journal of Cleaner Production**, 15 August 2016. 410-416.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Editora FEEVALE, 2013.

- RAJU, A. S.; ANAND, K. B.; RAKESH, P. Partial replacement of Ordinary Portland cement by LCD glass powder in concrete. **Materialstoday: proceedings**, 2021. 5131-5137.
- RAMOS, G. A. et al. Effect of porcelain tile polishing residue on geopolymers. **Journal of Cleaner Production**, 1 August 2018.
- RAMOS, J. C. R.; PASSALINI, P. G. S.; HOLANDA, J. N. F. Utilization of marble waste as a sustainable replacement for calcareous in the manufacture of red-firing wall tiles. **Construction and Building Materials**, 9 May 2023.
- REIS, M. J.; COLLARES, E. G.; REIS, F. M. D. Technological assessment of tailings from quartzite mining sites in Alpinópolis (Minas Gerais–Brazil) as aggregates in concrete block paving (CBP). **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, 2017.
- RIBEIRO, D. V. et al. Performance and radiological implications of using residue from TiO₂ production as a component of coating mortars. **Construction and Building Materials**.
- RIBEIRO, F. R. C. et al. Incorporação de resíduos de etileno acetato de vinila na produção de blocos intertravados de concreto para pavimentação. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, 2020.
- RIGUETO, C. V. T. et al. Tannery wastes-derived gelatin and carbon nanotubes composite beads: adsorption and reuse studies using tartrazine yellow dye. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, 2022.
- RODRIGUES, H. K. S. et al. Propriedades de um concreto leve estrutural com incorporação de argila expandida e resíduo de granito. **Matéria (Rio de Janeiro)**, 16 May 2022.
- SAINI, R. et al. Valorization of coconut and banana wastes with petcoke and coal via steam gasification in a fluidized bed reactor. **Journal of Cleaner Production**, 1 January 2024.
- SANTOS, K. S. et al. Photocatalytic removal of cyanide from cassava processing wastewater with simultaneous generation of H₂ and C₂H₄ using ni-modified TiO₂. **Waste and Biomass Valorization**, 10 March 2023.
- SELLITTO, M. A. et al. Barriers, drivers, and relationships in industrial symbiosis of a network of Brazilian manufacturing companies. **Sustainable Production and Consumption**, April 2021. 443-454.
- SILVA, E. et al. Nutrient and Heavy Metals Release from Mixtures of Organic Residues and Food Wastes in Composting. **Water, Air, & Soil Pollution**, 02 June 2020.
- SILVA, J. D. A. A. E. et al. Avaliação reológica de ligante modificado com Politereftalato de etileno (PET). **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, 2018.
- SILVA, L. H. P. et al. Bamboo leaf ash for use as mineral addition with Portland cement. **Journal of Building Engineering**, October 2021.
- SIQUEIRA, F. B.; HOLANDA, J. N. F. Reuse of grits waste for the production of soil–cement bricks. **Journal of Environmental Management**, 15 December 2013.
- SOBRINHO, N. M. B. D. A. et al. Metals phytoextraction by Cordia africana from soils contaminated with oil drilling waste. **Floresta e Ambiente**, 2020.
- SOUZA, A. B. et al. Study on the feasibility of using agricultural waste in the production of concrete blocks. **Journal of Building Engineering**, October 2021.
- SOUZA, A. C. M. et al. Economic analysis and development of the Nile Tilapia cultivated in the nursery using reject brine as water support. **Water, Air & Soil Pollution**, 24 December 2021.
- SOUZA, A. L. M. et al. Water management applied to the processing of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in a fish cold storage warehouse in Rio de Janeiro, Brazil. **Animal Science and Technology and Inspection of Animal Products**, 2018.
- SOUZA, J. M. D. et al. Mechanical and durability properties of compressed stabilized earth brick produced with cassava wastewater. **Journal of Building Engineering**, December 2021.
- SOUZA, M. T. et al. Sustainable cement with Al-anodizing waste: Evaluating reactivity and feasibility as a shrinkage-compensating admixture. **Journal of Building Engineering**, July 2020.
- TAVARES, J. C. et al. Use of banana leaf ash as partial replacement of Portland cement in eco-friendly concretes. **Construction and Building Materials**, 5 September 2022.
- TEIXEIRA, L. B. et al. Obtaining biogenic silica from sugarcane bagasse and leaf ash. **Waste and Biomass Valorization**, 2021.
- TORRES, C. M. M. E. et al. Dregs and grits from kraft pulp mills incorporated to Portland cement clinker. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, 29 January 2020. 851-861.
- VALE. Jamais esqueceremos Brumadinho. **Vale**, 2024. Disponível em: <<https://vale.com/pt/esg/brumadinho>>.