



Avaliação da gestão dos resíduos da construção civil no estado de São Paulo, Brasil

Evaluation of the construction waste management in the state of São Paulo, Brazil

Júlia Fonseca Colombo Andrade^[a]

São Paulo, SP, Brasil

^[a] Universidade de São Paulo (USP)

Erick Phelipe Ramos dos Santos^[b]

Recife, PE, Brasil

^[b] Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Como citar: Andrade, J. F. C., & Santos, E. P. R. (2025). Avaliação da gestão dos resíduos da construção civil no estado de São Paulo, Brasil. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 17, e20240161, 2025.
<https://doi.org/10.1590/2175-3369.017.e20240161>

Resumo

Os resíduos da construção civil (RCC) constituem a maior parte dos resíduos sólidos gerados globalmente. Embora a maioria dos RCC possa ser reciclada, as taxas de reciclagem no Brasil permanecem baixas, e as informações sobre a gestão desses resíduos nos municípios são insuficientes. Diante disso, este estudo visa avaliar a gestão dos RCC no estado de São Paulo, utilizando dados secundários. Entre os 645 municípios do estado, 31 não possuem Planos Municipais ou Intermunicipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e 14 planos não apresentam informações sobre RCC. A geração dos RCC apresenta alta correlação com a população e o PIB. A análise gravimétrica indicou que, em média, 87,75% dos RCC são de classe A, passíveis de reciclagem. No entanto, a destinação inadequada é frequente, com muitos municípios descartando os RCC em áreas irregulares e realizando o reúso direto sem a devida segregação e beneficiamento. Apenas 32% dos municípios encaminham parte dos RCC para usinas de reciclagem ou aterros apropriados. A implementação

JFCA is an Environmental Engineer, PhD in Hydraulic and Sanitary Engineering from the University of São Paulo (USP), e-mail: juliacolombo@usp.br

EPRS Doutorando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), e-mail: erickphelipe@usp.br

de Ecopontos se mostrou limitada no estado. Este estudo destaca a necessidade urgente de melhorias na gestão dos RCC em São Paulo, incluindo a ampliação da reciclagem e a implementação de sistemas de coleta e destinação mais eficazes.

Palavras-chave: Diagnóstico dos RCC. Destinação adequada. Gestão de resíduos sólidos. Sustentabilidade.

Abstract

Construction and demolition waste (CDW) constitute the major part of the solid waste generated globally. Although most CDW can be recycled, recycling rates in Brazil remain low, and the information on the management of this waste in municipalities is insufficient. Therefore, this study aims to evaluate the management of CDW in the state of São Paulo by using secondary data. Among the 645 municipalities in the state, 31 do not own Municipal or Intermunicipal Integrated Solid Waste Management Plans, and 14 plans do not provide information on CDW. CDW generation is highly correlated with population and GDP. Gravimetric analysis indicated that, on average, 87.75% of CDW are Class A materials, apt to recyclable. However, improper disposal is frequent, with many municipalities disposing CDW in irregular areas and conducting direct reuse without proper segregation and processing. Only 32% of municipalities send part of their CDW to recycling plants or appropriate landfills. The implementation of collection points has been limited in the state. This study highlights the urgent need for improvements in CDW management in São Paulo, including expanding recycling and implementing more effective collection and disposal systems.

Keywords: Diagnosis of CDW. Proper disposal. Solid waste management. Sustainability.

Introdução

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são gerados durante a execução, reforma, reparo e demolição de edificações e na preparação e escavação de terrenos. A urbanização crescente e o desenvolvimento econômico têm impulsionado consideravelmente a atividade da construção civil, acarretando um aumento significativo na produção de resíduos associados a esta indústria (Zhang et al., 2023 a). Estima-se que mais de 10 bilhões de toneladas de RCC sejam geradas globalmente anualmente (Wang et al., 2019), com a China contribuindo com cerca de 2,3 bilhões de toneladas por ano (Zheng et al., 2017), a União Europeia com aproximadamente 850 milhões de toneladas por ano (Eurostat., 2019), os Estados Unidos com cerca de 600 milhões de toneladas (EPA, 2020) e o Brasil com uma estimativa anual de 100 milhões de toneladas (Abrecon, 2020), embora apenas cerca de 45 milhões de toneladas sejam coletadas anualmente (Abrema, 2023).

Os resíduos da construção civil (RCC) englobam uma ampla gama de materiais devido às diferentes técnicas construtivas empregadas. Contudo, a fração mineral, composta por materiais como concreto, argamassa e tijolos, costuma representar entre 70% e 80% do total de RCC gerados (Bernardo et al., 2016). Essa fração apresenta um elevado potencial de reciclagem, podendo ser convertida em agregados e empregada em diversas aplicações, como sub-base de estradas, aterramento, manutenção de vias vicinais e produção de artefatos de cimento (Zhang et al., 2019; Al-Ali & Eid, 2023). Apesar do crescimento da reciclagem de RCC no Brasil nos últimos anos (Paulino et al., 2023), apenas cerca de 15% do total produzido é efetivamente reaproveitado como agregado reciclado (Abrecon, 2020). Além disso, o descarte inadequado de RCC continua a ser uma prática comum no país, ocorrendo frequentemente em terrenos baldios, margens de rios e áreas periféricas (Thives et al., 2022).

Estudos de análise do ciclo de vida destacam os benefícios ambientais e econômicos associados à produção de agregados reciclados de alta qualidade. Em contraste, a destinação de RCC para aterros de inertes é considerada a opção de maior custo econômico (Butera et al., 2015; Rosado et al., 2019; Ram et al., 2020). A substituição de agregados naturais por reciclados promove a preservação de recursos naturais, a redução de emissões de CO₂, a diminuição da geração de resíduos e a menor demanda por áreas destinadas a aterros (Zhang et al., 2023; Fanijo et al., 2023).

Reconhecendo esses benefícios, a União Europeia estipulou uma meta de recuperação de no mínimo 70% dos RCC não perigosos até 2020 (União Europeia, 2008). Já o Brasil estipulou no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2022) uma meta de 25% de reciclagem dos RCC até 2040. Segundo Moraes et al. (2020), a gestão adequada dos RCC é um desafio no Brasil devido à falta de dados e apoio governamental, insuficiência de usinas de reciclagem e baixa qualidade dos materiais recicláveis.

As informações sobre a gestão dos RCC nos municípios brasileiros ainda são muito escassas. No Inventário Nacional de Resíduos Sólidos de 2019 (SINIR, 2019), apenas 590 municípios, dos 5568 municípios brasileiros (IBGE, 2022), forneceram informações sobre RCC. De acordo com o inventário, os RCC são destinados principalmente a aterros de resíduos da construção civil (36,23%), seguidos por aterros sanitários (34,69%), embora este último seja proibido pela Resolução Conama n° 307 (Brasil, 2002).

Além do número insuficiente de usinas para a reciclagem do RCC, elas estão distribuídas de forma desigual no Brasil, com 60% delas concentradas na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, enquanto as regiões Norte e Nordeste juntas possuem apenas 7% das usinas (Abrecon, 2020).

Apesar da capacidade da região Sudeste de processar cerca de 70% da geração de RCC da região, estima-se que apenas 25% do resíduo gerado seja reciclado (Abrecon, 2020).

Para implementar ações que promovam uma gestão adequada dos RCC, é essencial obter informações sobre sua geração, coleta e destinação. Nesse contexto, os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, instituídos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), desempenham um papel estratégico. Os planos devem apresentar um diagnóstico abrangente da situação dos resíduos sólidos no território correspondente, incluindo informações sobre sua origem, volume, caracterização e as formas de destinação e disposição final adotadas, constituindo-se, assim, em uma importante fonte de dados. Com base nisso, o objetivo deste trabalho é reunir informações secundárias sobre RCC por meio dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos dos municípios de São Paulo. Este estado foi selecionado devido à sua alta densidade populacional, maior taxa de geração de RCC e maior concentração de usinas de reciclagem de RCC.

O artigo está organizado da seguinte forma: após esta introdução é apresentada uma caracterização do estado de São Paulo e a metodologia utilizada para obtenção dos dados e desenvolvimento dos mapas. Nos resultados e discussão são apresentadas a geração, a composição, destinação e os responsáveis pela coleta dos RCC no estado, bem como a correlação entre geração dos resíduos com o número de habitantes e o PIB do município. As observações finais são apresentadas na última seção.

Material e Métodos

Área de estudo

O estado de São Paulo, localizado na região sudeste do Brasil, possui 645 municípios, ocupa uma área total de 248.219,485 km² e possui uma população de 44.411.238 habitantes, sendo o estado mais populoso do país, abrigando 21,87% da população (IBGE, 2022). São Paulo também apresenta o maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) entre os estados brasileiros, com um valor de 0,806, e detém o maior Produto Interno Bruto (PIB), representando 37% do PIB nacional (IBGE, 2021).

No âmbito industrial, o setor da construção civil é o mais relevante dentro do PIB industrial de São Paulo, correspondendo a 16,7% do total (CNI, 2021). Devido à significativa contribuição deste setor para o PIB e à grande população do estado, São Paulo é o maior gerador de RCC no Brasil. Estimativas da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (Abrecon) indicam que São Paulo gera 23,1% do total de RCC no país (Abrecon, 2020).

Coleta e tratamento dos dados

Para diagnosticar a situação dos resíduos da construção civil no estado de São Paulo, foram coletados dados secundários sobre a geração, coleta, destinação, existência de ecopontos e composição gravimétrica a partir dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Quando os municípios não possuíam o PMGIRS foi avaliado se o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) dispunha de informações sobre os resíduos da construção civil. Além disso, foi avaliado se os municípios possuíam um Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, conforme exigido pela Resolução Conama nº 307 e suas atualizações (Brasil, 2002, 2012). Para ter acesso aos planos, realizou-se uma busca nos sites das prefeituras dos municípios, nos sites das câmaras municipais e no

buscador Google, utilizando o seguinte conjunto de palavras: Plano municipal de resíduos sólidos + nome do município; Plano municipal de saneamento básico + nome do município; Plano municipal de resíduos da construção civil + nome do município. Quando o decreto municipal que institui algum dos planos era encontrado, mas o plano propriamente dito não estava disponível, foi enviado um e-mail à secretaria municipal responsável pela área de meio ambiente solicitando o referido documento. Com acesso aos planos municipais as informações referentes à gestão dos RCC foram extraídas.

Foram considerados apenas os dados de geração de RCC obtidos por levantamentos de campo, nos quais a massa dos resíduos foi medida diretamente ou o volume estimado com base na quantidade de caçambas utilizadas. Dados baseados em área construída ou em índices per capita de geração de RCC provenientes da literatura não foram incluídos na análise.

A padronização dos dados de geração de RCC foi realizada em toneladas por mês, considerando um mês padrão de 30 dias. Dados disponibilizados em quilogramas por dia, por exemplo, foram multiplicados por 30 para obter a geração mensal e posteriormente divididos por 1000 para obter o valor em toneladas por mês. Diversos municípios forneceram dados de geração de RCC em termos volumétricos. Devido à heterogeneidade dos RCC e às variações em sua densidade (conforme indicado na Tabela 1), foi utilizada, nesta pesquisa, a densidade média de 1,20 toneladas por metro cúbico (t/m^3), estabelecida para resíduos da construção civil no Brasil (IBAM, 2001).

Tabela 1. Densidade do Resíduo da construção civil

Resíduo	Densidade (t/m^3)	Origem	Referência
RCC mistos	0,528	Hong Kong	Lu <i>et al.</i> (2021)
RCC classe A	0,991	Hong Kong	Lu <i>et al.</i> (2021)
RCC composto de cimento e concreto	2,230	Yazd (Irã)	Ansari & Ehrampoush (2018)
RCC com 88% podendo ser reciclado na forma de agregado	1,280	Pelotas (Brasil)	Tessaro <i>et al.</i> (2012)
RCC recém-chegado na Usina, sem qualquer triagem	0,960	Belo Horizonte (Brasil)	Bessa <i>et al.</i> (2019)
	1,199	São Carlos-SP (Brasil)	Córdoba (2010)

Fonte: Autores (2024).

Os dados sobre a destinação dos resíduos da construção civil foram classificados em três grupos. O grupo de destinação adequada inclui a disposição em aterros de resíduos da construção civil, áreas licenciadas, reciclagem em usinas e britadores, e o uso de agregados reciclados após o beneficiamento. O grupo de destinação inadequada abrange a disposição em áreas sem licenciamento, em pontos de descarte ilegal (como terrenos baldios e áreas de preservação ambiental), e o reuso direto dos RCC sem segregação e beneficiamento. O grupo de destinação parcialmente adequada refere-se aos casos em que parte dos RCC gerados no município é destinada de forma adequada e parte de forma inadequada.

Nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos era comum encontrar registros de que os RCC eram direcionados para uma área pública ou um aterro, sem especificar se essa área possuía licenciamento adequado ou se o aterro era apropriado para o recebimento de RCC. Devido à ausência de informações detalhadas, esses municípios foram classificados como tendo uma destinação inadequada.

Em relação à composição gravimétrica dos RCC, os municípios adotaram classificações bastante diversificadas. Alguns seguiram a Resolução Conama n° 307 (Brasil, 2002) e suas atualizações, Conama n° 348 (Brasil, 2004), Conama n° 431 (Brasil, 2011), Conama n° 448 (Brasil, 2012) e Conama 469 (Brasil, 2015). Outros municípios classificaram os resíduos como inertes ou "outros", e em alguns casos, o gesso foi categorizado junto com resíduos perigosos. Diante dessa diversidade, este estudo optou por classificar os resíduos apenas em duas categorias: classe A e "outros". Os RCC classe A são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como concreto, tijolos, argamassa, solo, dentre outros de acordo com a Conama n° 307 (Brasil, 2002).

Mapas de geração, coleta e destinação dos resíduos da construção civil

A elaboração dos mapas incluiu o download da malha territorial brasileira, adquirida na base de dados (*shapefiles*), seção "malhas territoriais" do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), publicada em 2023 (IBGE, 2023). Também se empregou o software QGIS 3.26.3, que possibilita a visualização, análise e manipulação de informações geoespaciais, por se tratar de um sistema de informações geográficas (SIG). Em seguida, foram selecionados apenas os municípios localizados no estado de São Paulo, vinculando uma planilha em formato CSV com informações sobre geração, coleta, destinação, existência de ecopontos e composição gravimétrica desses municípios. Por fim, com as ferramentas de layout de impressão foram realizadas as edições dos mapas, empregando o Sistema Geodésico de Referência Brasileiro, SIRGAS 2000.

Análises estatísticas

Para avaliar a correlação entre a população e o produto interno bruto (PIB) de um município com a geração de resíduos da construção civil, primeiramente foram obtidos os dados mais recentes da população e do PIB de cada município. Os dados populacionais foram extraídos do último censo realizado em 2022 (IBGE, 2022), enquanto os dados mais recentes de PIB são de 2021 (IBGE, 2021). Posteriormente, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificar se os dados seguiam uma distribuição gaussiana, por meio do software Sisvar (Ferreira, 2011). Como os dados não apresentaram distribuição normal, utilizou-se o teste de correlação não paramétrica de Spearman para a análise.

Resultados e discussão

Dos 645 municípios do estado de São Paulo, 31 não possuem Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) ou Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS), e seus Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) não contemplam a gestão de resíduos sólidos. No Brasil, segundo dados do SINIR (2019) 44,65% dos municípios possuem PMGIRS e 5,66% possuem PIGIRS, elaborados segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010).

Entre os 614 municípios restantes, 14 não apresentaram em seus planos qualquer informação sobre os resíduos da construção civil, descumprindo a PNRS, que exige que o PMGIRS contenha um diagnóstico detalhado da situação dos resíduos sólidos gerados, incluindo sua origem, volume, caracterização e formas de destinação e disposição final. Adicionalmente, em 20 municípios foram identificadas leis e decretos instituindo o PMGIRS, porém, os planos não foram localizados. Esses municípios

também estão em desacordo com a PNRS, que assegura a ampla publicidade ao conteúdo dos planos de resíduos sólidos.

Em relação aos Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), foram identificados apenas 83 municípios com esses planos implementados. A ausência dos PMGIRS e PMGRCC nos municípios indica não apenas o descumprimento da legislação vigente, mas também a falta de planejamento na gestão de resíduos sólidos, especificamente os resíduos da construção civil, já que os planos são instrumentos essenciais para a gestão adequada dos resíduos sólidos.

Geração de resíduos da construção civil no estado de São Paulo

Dos 580 municípios do estado de São Paulo que possuem informações sobre a gestão de resíduos da construção civil, apenas 300 municípios trazem informações referentes à geração destes resíduos. Na Figura 1 é apresentado o mapa do estado de São Paulo e a respectiva faixa de geração de RCC de cada município.

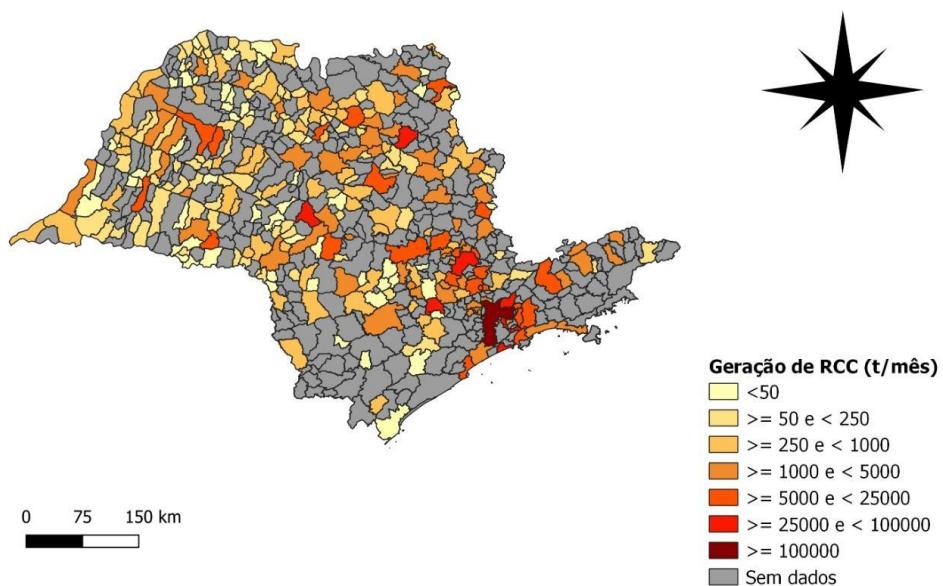


Figura 1 – Geração de resíduos da construção civil nos municípios de São Paulo. Fonte: Autores (2024).

Dentre os municípios que tinham dados disponíveis da geração de RCC, a maior parte (28, 48%) possui uma geração entre 50 e 250 t/mês. O município de São Paulo, capital do estado, foi o único que apresentou uma geração superior a 100.000 t/mês, gerando mensalmente 555.000 toneladas de RCC. A alta geração se deve ao fato de São Paulo ser a cidade mais populosa do Brasil, com uma população de 11.451.999 habitantes, segundo o último censo demográfico (IBGE, 2022), além de ser o município com maior PIB do Brasil (IBGE, 2021).

Segundo Wang, et al. (2024) fatores econômicos e demográficos são os principais fatores que promovem o aumento da geração de resíduos da construção civil na União Europeia e na China. O presente estudo corrobora essa observação, uma vez que encontrou uma alta correlação entre a população e o PIB dos municípios com a geração de resíduos da construção civil. Os valores obtidos pelo teste de Spearman foram de 0,82 para a correlação entre população e geração de RCC e de 0,95 para a correlação entre PIB e geração de RCC.

Além do crescimento populacional, da expansão da urbanização e do desenvolvimento econômico, outros fatores relevantes contribuem para o aumento da geração de RCC. Entre eles, destacam-se a gestão inadequada dos resíduos, projetos de construção mal planejados, práticas de construção inefficientes e deficiências na capacitação de recursos humanos, que agravam ainda mais esse cenário (Luangcharoenrat et al., 2019).

A Pesquisa Setorial da Abrecon de 2020 estima que a geração anual de RCC no estado de São Paulo seja de 23,1 milhões de toneladas (Abrecon, 2020). Em contraste, o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil de 2023 estimou uma geração de aproximadamente 22,8 milhões de toneladas para toda a região Sudeste do Brasil. Neste estudo, ao somar a geração de RCC dos 300 municípios do estado de São Paulo para os quais há dados disponíveis, obteve-se um total de pouco mais de 16,8 milhões de toneladas por ano e uma geração per capita de 545,21 kg/hab/ano. Todavia, é importante ressaltar que os dados secundários utilizados nesta pesquisa são provenientes de diferentes anos.

Composição gravimétrica dos Resíduos da Construção civil

Dentre os 645 municípios do estado de São Paulo, apenas 40 apresentaram informações sobre a composição gravimétrica dos RCC. Os resíduos foram classificados apenas em resíduos classe A e outros. Em média os RCC classe A representaram $87,75 \pm 9,55\%$ dos resíduos da construção civil gerados no estado de São Paulo.

Embora a composição dos resíduos da construção civil varie entre países devido a diferenças culturais, econômicas e nas práticas de construção, materiais como concreto e tijolos frequentemente representam a maior parte dos resíduos gerados (Thieves et al., 2022). Lima e Cabral (2013) observaram que 93,40% dos resíduos da construção civil (RCC) gerados em Fortaleza-CE são classificados como classe A. Córdoba et al. (2019) classificaram 82,32% dos RCC gerados em São Carlos-SP, com sendo classe A. Apesar de a maioria dos RCC poder ser reciclada na forma de agregados, os índices de reciclagem nacionais variam entre 15% e 20% (Abrecon, 2020).

Destinação dos Resíduos da Construção civil

De acordo com a Resolução Conama nº 307 (Brasil, 2002), os resíduos da construção civil não podem ser descartados em aterros de resíduos domiciliares, áreas de despejo não regulamentadas, encostas, corpos d'água, lotes vagos ou áreas protegidas. Além disso, os RCC classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

De acordo com estudos de avaliação do ciclo de vida a destinação de RCC às usinas de reciclagem e a produção de agregados reciclados de alta qualidade diminuem significativamente o impacto ambiental do setor da construção civil, enquanto a destinação para aterro de resíduos da construção civil é o cenário que apresenta os maiores gastos econômicos (Borghi et al., 2018; Di Maria et al., 2019; Jain et al., 2020).

Conforme apresentado na Figura 2, a maior parte dos municípios no estado de São Paulo dispõe os RCC de maneira inadequada, seja em áreas irregulares e pontos viciados ou fazendo a reutilização dos RCC para manutenção de estradas vicinais e controle de erosão sem um processo prévio de segregação e beneficiamento. Dos 531 municípios que disponibilizaram informações sobre a destinação dos RCC, 195 municípios relataram possuir pontos viciados de disposição, como terrenos baldios e áreas públicas.

A destinação inadequada dos RCC pode causar sérios danos ambientais, devido a presença de componentes perigosos nos RCC, como amianto, retardantes de chamas de cobre e bromados (BFRs) em fios e cabos de eletricidade, mercúrio em lâmpadas, tintas à base de chumbo e conservantes de madeira que contêm metais pesados (Wu et al., 2019). A presença de gesso também pode oferecer risco ao meio ambiente devido a lixiviação de sulfato e a liberação de sulfeto de hidrogênio em condições anaeróbias (Gálvin et al., 2017; López-Uceda et al., 2019). A preocupação sobre a periculosidade dos RCC se estende aos classe A, visto que concentrações mais elevadas de cromo e sulfato foram encontradas tanto em amostras de RCC como em amostras de agregados reciclados (Butera et al., 2015; Diotti et al., 2020).

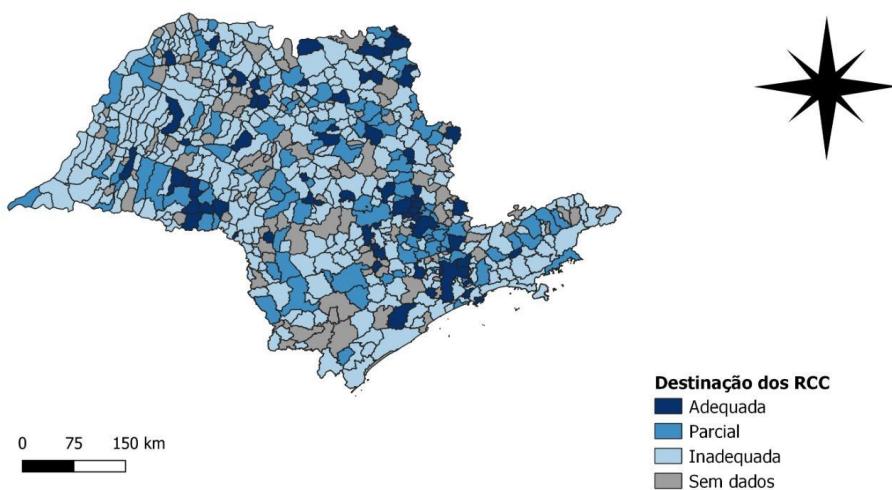


Figura 2 – Adequabilidade da destinação dos resíduos da construção civil classe A nos municípios de São Paulo. Fonte: Autores (2024).

Apenas 170 municípios destinam os RCC, totalmente ou parcialmente para usinas de reciclagem, britadores ou aterros de resíduos da construção civil, que é a forma adequada de destinação para os RCC classe A. Segundo dados da Abrecon, 15% do total de RCC gerado no Brasil é reciclado na forma de agregado, enquanto no estado de São Paulo este valor é de 24% (Abrecon, 2020). Embora as taxas de reciclagem dos RCC classe A no estado de São Paulo estejam próximas à meta nacional de 25% (Brasil, 2022), são significativamente inferiores à capacidade das usinas instaladas na região sudeste, que poderiam reciclar 70% do RCC gerado (Abrecon, 2020).

Em relação aos outros tipos de resíduos da construção civil, apenas três municípios especificam a destinação dada ao gesso. Campinas destina o gesso para reciclagem, onde é utilizado na produção de drywall e cimento. Jundiaí também encaminha o gesso para reciclagem. Santa Clara d'Oeste, por sua vez, destina o gesso juntamente com os demais RCC para um aterro em valas.

A destinação dos resíduos asfálticos, provenientes de obras de infraestrutura e fresagem de pavimento, foi descrita por apenas dois municípios: Salto Grande e Porangaba, que utilizam esses resíduos na manutenção de estradas rurais. A destinação dos resíduos perigosos, como amianto, tintas e solventes, foi especificada apenas pelos municípios de São José dos Campos e Novo Horizonte, que alegam encaminhar estes resíduos para aterros específicos.

Embora os resíduos da construção civil que não podem ser reciclados como agregados representem menos de 13% do total de RCC gerado no estado de São Paulo, a falta de informações sobre sua destinação final gera preocupações. Sendo premente a disponibilização dessas informações por parte dos municípios.

Responsáveis pela coleta dos Resíduos da Construção civil

A Resolução Conama nº 307 e suas alterações estabelecem que a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos da construção civil recai sobre o próprio gerador. No entanto, cabe aos municípios fornecer áreas para o recebimento de pequenos volumes de RCC e destinar adequadamente esses resíduos (Brasil, 2002; 2012). Esses locais, destinados ao transbordo e triagem dos RCC de pequenos geradores são comumente denominados Ecopontos ou Pontos de Entrega Voluntária de Pequenos Volumes (PEVs).

No estado de São Paulo, apenas 45 municípios relataram possuir áreas de recebimento de RCC de pequenos geradores. Embora a presença de Ecopontos não detenha completamente o descarte irregular de RCC por parte da população, a implementação desses pontos, aliada a ações de educação ambiental e fiscalização, é imprescindível para minimizar o descarte inadequado dos resíduos (Rosado & Penteado, 2018).

No estado de São Paulo, 153 municípios relataram que a coleta e o transporte dos resíduos da construção civil (RCC) são realizados exclusivamente por empresas privadas, conforme apresentado na Figura 3. Em contraste, 252 municípios informaram que a coleta é realizada pelo poder público, seja por meio da locação ou disponibilização de caçambas, ou pela coleta direta dos RCC dispostos pela população nas calçadas e vias em frente às obras. Adicionalmente, 113 municípios possuem empresas privadas que realizam a coleta, juntamente com iniciativas do poder público para a coleta e o transporte dos RCC.

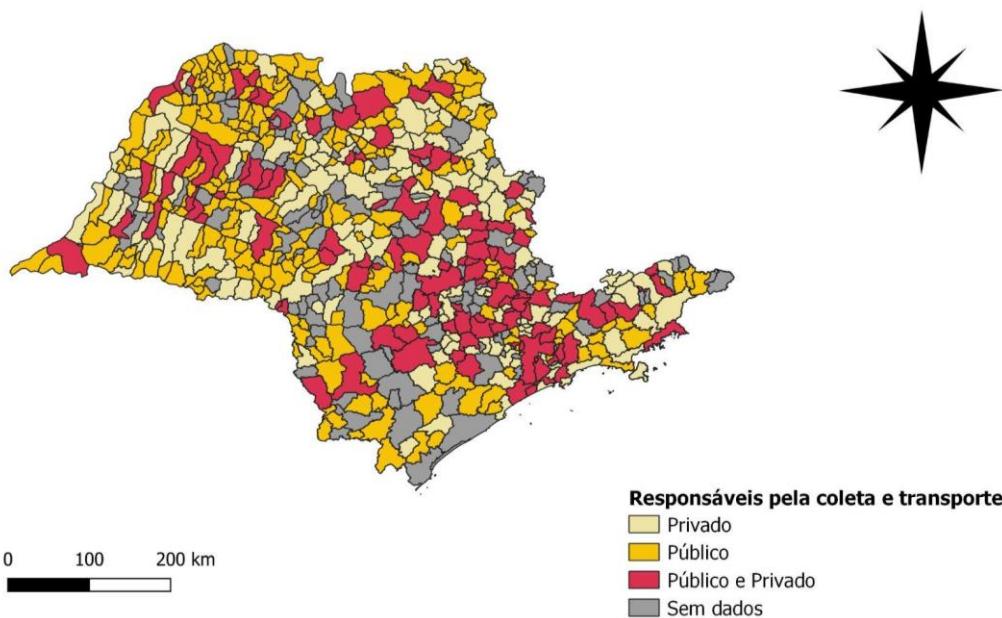


Figura 3 – Responsáveis pela coleta e transporte dos resíduos da construção civil nos municípios de São Paulo. Fonte: Autores (2024)

Segundo a Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (Abrecon) um dos principais problemas para a adequada gestão dos RCC está relacionado ao transporte, pois recorrentemente transportadores descartam os resíduos coletados em locais impróprios (Abrecon, 2021). Desta forma, é importante que os municípios cadastrem os transportadores e os fiscalizem de modo a garantir uma gestão adequada dos RCC.

Recomendações para gestão dos resíduos da construção civil no Estado de São Paulo

Um dos primeiros passos para a gestão adequada de resíduos sólidos é realizar um diagnóstico abrangente que avalie tanto a geração quanto a gestão atual dos resíduos, identificando as melhorias necessárias e as ações para alcançá-las. A Resolução Conama nº 307 (Brasil, 2002) e suas atualizações determinaram um prazo de até 12 meses, a partir de sua publicação, para que os municípios e o Distrito Federal elaborassem seu Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC). Esses planos devem incluir diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil a serem desenvolvidos por grandes geradores. Além disso, devem prever o cadastramento de áreas públicas ou privadas aptas a receber, realizar a triagem e armazenar temporariamente pequenos volumes de resíduos; o licenciamento de áreas para beneficiamento e disposição final dos RCC; a proibição de descarte em locais não licenciados; o estímulo à reinserção de resíduos reutilizáveis ou reciclados na cadeia produtiva; o estabelecimento de critérios para cadastro de transportadores; a implementação de

ações de orientação, fiscalização e controle dos agentes envolvidos; e ações educativas destinadas à redução da geração de resíduos e à sua segregação.

No entanto, no estado de São Paulo, apenas 83 municípios foram identificados com PMGRCC implementados. Esses planos, em geral, apresentam diagnósticos superficiais sobre a gestão dos RCC e não incluem ações ou metas voltadas à redução da geração de resíduos, à reinserção de materiais recicláveis na cadeia produtiva, nem métodos eficazes de fiscalização da coleta e destinação realizadas pelas empresas prestadoras de serviço. Ademais, a Resolução Conama n° 307 (Brasil, 2002) não estipula prazos para a atualização desses planos, resultando em informações que frequentemente não refletem a realidade atual dos municípios. Deste modo, é recomendado que os municípios desenvolvam um PMGRCC que contemple todos os tópicos exigidos pela Resolução Conama n° 307 (Brasil, 2002), com um diagnóstico robusto da atual geração, caracterização e destinação dos RCC e que o plano seja atualizado no mínimo a cada 10 anos, conforme é exigido para os Planos Municipais de Resíduos Sólidos.

Os Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil devem estabelecer uma meta de reciclagem de RCC igual ou superior à 25% até 2040, conforme foi estabelecido pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2022). A reciclagem dos RCC gerados normalmente mostra impactos ambientais menores em comparação ao aterro em termos de várias categorias de impacto ambiental (Butera et al., 2015; Rosado et al., 2019; Ram et al., 2020) e deve ser priorizada.

Estudos de análise de ciclo de vida foram conduzidos com o objetivo de avaliar os impactos ambientais associados à aplicação de agregados reciclados, especialmente na construção de estradas, considerando aspectos como consumo de energia, emissões atmosféricas e poluição hídrica. Um fator crítico identificado nesses estudos é a distância de transporte dos agregados reciclados, que influencia diretamente as emissões de CO₂ e o consumo de combustível. Nesse contexto, uma solução seria a utilização de uma usina de reciclagem móvel para resíduos de construção civil, uma vez que contribui para a redução da distância de transporte, das emissões de gases de efeito estufa e do consumo de combustível (Rosado et al., 2019; Dias et al., 2021). Ademais, a implementação de uma usina móvel apresenta-se como uma solução economicamente viável para municípios de pequeno porte, os quais podem adquiri-la por meio de consórcios intermunicipais, promovendo uma alternativa sustentável e eficiente para o gerenciamento de RCC.

Estudos de análise de ciclo de vida também destacam a importância da segregação dos RCC para a produção de agregados reciclados de maior qualidade e a redução dos impactos ambientais associados (Hasheminezhad et al., 2024). Entretanto, diversos municípios do estado de São Paulo relataram a utilização de RCC na pavimentação de estradas rurais sem a realização de uma etapa prévia de beneficiamento. Essa prática apresenta potenciais riscos ambientais devido à presença de materiais como selantes, tintas, lâmpadas, gesso e matéria orgânica.

A segregação diretamente nos canteiros de obras é considerada a abordagem mais eficiente para o manejo adequado dos resíduos, uma vez que minimiza o desperdício e evita a contaminação. Um estudo realizado em Recife, no estado de Pernambuco, Brasil, utilizando questionários aplicados a responsáveis por obras, revelou que a gestão de resíduos é frequentemente tratada como uma atividade secundária, com pouca relevância para os resultados do empreendimento. Além disso, constatou-se que apenas um terço das obras encaminhava os RCC classe A para usinas de reciclagem (Vieira et al., 2019).

Para promover o aumento das taxas de reciclagem de resíduos da construção civil, bem como o envio da fração perigosa desses resíduos para aterros de classe I ou para incineração, evitando sua disposição em locais irregulares, é essencial que o poder público invista em medidas eficazes de fiscalização, construção de ecopontos para a destinação adequada dos RCC provenientes de pequenos geradores e ações de conscientização da sociedade. Além disso, a oferta de subsídios a empresas que realizem a gestão adequada dos RCC, a aplicação de tributos em empresas que adotem práticas inadequadas e a implementação de taxas específicas para o aterramento de RCC podem contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais associados a esses resíduos (Rosado e Penteado, 2020; Hua et al., 2022).

Conclusões

A análise da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) no estado de São Paulo revela um cenário de inadequação e falta de planejamento, com 31 municípios sem Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) ou Planos Intermunicipais (PIGIRS), em descumprimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Apenas 83 municípios apresentaram planos específicos para a gestão de RCC. Além disso, informações fundamentais para uma gestão eficiente, como dados sobre a geração, composição, responsáveis pela coleta e destinação das diferentes classes de RCC, frequentemente não são contempladas nos documentos apresentados. Esses resultados reforçam a necessidade urgente de fortalecer a governança e garantir o cumprimento das exigências legais estabelecidas pela PNRS.

A correlação significativa entre a geração de RCC, população e PIB demonstra a influência dos fatores econômicos e demográficos na produção desses resíduos. A geração média per capita de 545,21 kg/hab/ano foi obtida para o estado de São Paulo, considerando os municípios que disponibilizaram dados da geração.

A alta proporção de RCC classe A ($87,75 \pm 9,55\%$), passíveis de reciclagem, destaca o potencial de reciclagem não aproveitado, evidenciado pelas baixas taxas de reciclagem e pela destinação inadequada em muitos municípios. Os RCC são comumente dispostos em áreas irregulares ou reutilizados sem a devida segregação e beneficiamento, representando um risco ambiental, que pode ser agravado pela presença de componentes perigosos, como tintas, selantes e amianto. A baixa implementação de Ecopontos, presente apenas em 45 municípios, e falta de fiscalização nos transportadores privados contribuem para a perpetuação do descarte inadequado.

Este estudo ressalta a necessidade urgente de melhorias na gestão dos resíduos da construção civil no estado de São Paulo, com foco na ampliação das práticas de reciclagem e no fortalecimento da fiscalização em obras, prestadores de serviços de coleta e destinação de RCC, bem como em áreas de disposição irregular. Adicionalmente, destaca-se a importância de realizar um diagnóstico abrangente sobre a gestão desses resíduos, aliado à formulação de ações eficazes voltadas para a mitigação dos impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade no setor da construção civil.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste artigo está disponível no SciELO DATA e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/scielodata.WHWQCF>.

Referências

Ansari, M. & Ehrampoush, M.H.(2018) Quantitative and qualitative analysis of construction and demolition waste in Yazd city, Iran. *Data Brief.* 21, 2622–2626 <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.141>

Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente - Abrema-(2023) *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.* 54 p.

Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição-Abrecon (2022) Pesquisa setorial Abrecon 2020: reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. organizadores S. C. Angulo; L. S. Oliveira, L. Machado – São Paulo: Epusp, 2022. 104 p.

Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - Abrecon (2021) Mercado dos resíduos da construção civil. São Paulo. <https://abrecon.org.br/reciclagem-de-entulho-residuos-da-construcao-e-demolicao-rcd/mercado>

Al-Ali, E.A. & Eid,W. K. (2023). Effect of using recycled aggregates as road subbase materials: A case study from Kuwait City. *Kuwait Journal of Science.* 50, 739-745 <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2023.02.029>

Bessa, S. A. L., Mello, T. A. G., & Lourenço, K. K. (2019) Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Gestão Urbana,* 11, e20180099 <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180099>

Borghi, G.; Pantini, S.; Rigamonti, L. (2018) Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). *Journal of Cleaner Production,* 184, 815-825 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.287>

Brasil. (2022) Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília-DF.

Brasil (2002) Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 307- Dispõe sobre gestão dos resíduos de construção civil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2002

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (2011) Resolução nº 431- Altera o art 3º da Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA, estabelece nova classificação para o gesso. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, DF,2011

Brasil (2012) Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 448 – Altera os art 2º, 4º ,5º, 6º, 8º, 9º, 10º,11º da Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, DF,2012

Brasil (2015) Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 469 – Altera os art 1º e 3º da Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, DF,2015

Butera,S. Christensen, T.H.& Astrup, T.F. (2015) Life cycle assessment of construction and demolition waste management. *Waste management*, 44, 196-205, <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.011>

Confederação Nacional das Indústrias- CNI (2021) *Participação percentual do setor no PIB industrial*. Recuperado em: 20 de junho de 2024. <https://perfilindustria.portaldaindustria.com.br/estado/sp>

Córdoba, R.E. (2010) *Estudo do Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos da construção e Demolição do Município de São Carlos-SP.* (Dissertação de Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos

Córdoba, R.E.; Marques Neto, J.C.; Santiago, C.D.; Pugliesi, R.; Schalch, V. (2019) Alternative construction and demolition (C&D) waste characterization method proposal. *Engenharia sanitária e ambiental*, 24 (1), 199-212 <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019179720>

Di Maria, A.; Eyckmans, J. & Acker, K.V. (2019) Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making. *Waste Management*, 75, 3-21 <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.028>

Dias, A.B.; Pacheco, J.N.; Silvestre, J.D.; Martins, I.M.; Brito, J. de. (2021) Environmental and Economic Life Cycle Assessment of Recycled Coarse Aggregates: A Portuguese Case Study. *Materials*, 14 (18) 5452 <https://doi.org/10.3390/ma14185452>

Diotti, A.; Gálvin, A.P.; Piccinelli, A.; Plizzari, G. & Sorlini, S. (2020) Chemical and Leaching Behavior of Construction and Demolition Wastes and Recycled Aggregates. *Sustainability*, 12(24), 10326 <https://doi.org/10.3390/su122410326>

United States Environmental Protection Agency -EPA. (2020) *Advancing Sustainable Materials Management: 2018 Fact Sheet*, Recuperado em: 10 de junho de 2024. https://www.epa.gov/sites/default/files/202101/documents/2018_ff_fact_sheet_dec_2020_fnl_.pdf

Eurostat Statistics for Waste Flow Generation 2016 European Commision (2018) <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

Fanijo, E.O.; Kolawole, J.T.; Babafemi, A.J. & Liu, J. (2023) A comprehensive review on the use of recycled concrete aggregate for pavement construction: Properties, performance, and sustainability. *Cleaner Materials*, 9, 100199 <https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100199>

Ferreira, D. (2011) Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e agrotecnologia*, 35 (6), 1039-1042 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Gálvin, A.P.; Ayuso, J.; Barbudo, A.; Cabrera, M.; López-Uceda, A.; Rosales, J. (2017) Upscaling the pollutant emission from mixed recycled aggregates under compaction for civil applications. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 36014-36023 <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1017-8>

Hasheminezhad, A.; King, D.; Ceylan, H.; Kim, S. (2024) Comparative life cycle assessment of natural and recycled aggregate concrete: A review. *Science of The Total Environment*, 950, 175310

Hua, C.; Liu, C.; Chen, J.; Yang, C.; Chen, L. (2022) Promoting construction and demolition waste recycling by using incentive policies in China. *Environ Sci Pollut Res Int*, 29(35):53844–53859. <http://doi.org/10.1007/s11356-022-19536-w>

Instituto Brasileiro De Administração Municipal – IBAM. (2001). Gestão integrada de resíduos sólidos: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM. Coordenação técnica: Victor Zular Zveibil.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (2021). *Produto Interno Bruto dos Municípios*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em: 21 de junho de 2024 <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pib-por-municipio&c=3550308>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022). *Censo Demográfico - 2022*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em: 15 de junho de 2024, de www.ibge.gov.br

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2023). *Malha Municipal*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em: 13 de junho de 2024. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>

Jain, S.; Singhal, S.; Pandey, S. (2020) Environmental life cycle assessment of construction and demolition waste recycling: A case of urban India. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 1-12 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104642>

Lima, A.C.& Cabral, A.E.B. (2013) Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). *Engenharia sanitária e ambiental*, 18 (2), 169-176 <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200009>

López-Uceda, A.; Gálvin, A.P.; Barbudo, A.; Ayuso, J. (2019) Long-term leaching and mechanical behaviour at recycled aggregate with different gypsum contents. *Environmental Science and Pollution Research*. 26, 35565–35573 <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04925-5>

Lu, W.; Yuan, L.& Xue, F. (2021) Investigating the bulk density of construction waste: A big data-driven approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105480 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105480>

Luangcharoenrat, C.; Intrachooto, S.; Peansupap, V.; Sutthinarakorn, W. (2019) Factors influencing construction waste generation in building construction: Thailand's perspective. *Sustainability*, 11 (13) 3638 <https://doi.org/10.3390/su11133638>

Moraes, F.T.F., Gonçalves, A.T.T., Lima, J.P., Lima, R.S. (2020) An assessment tool for municipal construction waste management in Brazilian municipalities. *Waste Management Research*. 38, 762–772 <http://doi.org/10.1177/0734242X20906886>

Paulino, R.S.; Lazari, C.H.; Miranda, L.F.R.; Vogt, V. (2023) Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. *Ambiente Construído*, 23 (3), 83-97 <https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000300677>

Ram, V.G.; Kishore, K.C.; Kalidindi, S.N. (2020) Environmental benefits of construction and demolition debris recycling: Evidence from an Indian case study using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120258. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120258>

Rosado, L.P. & Penteado, C.S.G. (2018) Análise da eficiência dos Ecopontos a partir do georreferenciamento de áreas de disposição irregular de resíduos de construção e demolição. *Sociedade & Natureza*, 30 (2), 64-185
<https://doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-8>

Rosado, L.P.; Vitale, P.; Penteado, C.S.G.; Arena, U. (2019) Life cycle assessment of construction and demolition waste management in a large area of São Paulo State, Brazil. *Waste Management*. 85, 477-789
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.011>

Rosado, L.P. & Penteado, C.S.G. (2020) Municipal management of construction and demolition waste: influence of disposal fees, *Ambiente & Sociedade*. 23, 1-12 <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200032r1vu2020L6AO>

Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR (2019). Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, 2019. 36 p. <https://sinir.gov.br/relatorios/inventario-nacional/>

Tessaro, A.B.; Sá, J.S. de; Scremin, L.B. (2012) Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. *Ambiente Construído*, 12 (2), 121-130
<https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000200008>

Thives, L. P.; Ghisi, E.; Thives Júnior, J.J. (2022). An outlook on the management of construction and demolition waste in Brazil. *Cleaner Materials*, 6, 100153 <http://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100153>

União Europeia (2008) Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02008L0098-20180705>

Vieira, C. R., Rocha, J. H. A., Lafayette, K. P. V., & Silva, D. M. (2019). Análise dos fatores de influência e diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obra da cidade do Recife-PE. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v.11, e20180176. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180176>

Wang, Z.; Hu, T. & Liu, J. (2024) Decoupling economic growth from construction waste generation: Comparative analysis between the EU and China. *Journal of Environmental Management*, 353 (27), 120144
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120144>

Wang, J.; Wu, H.; Tam, V.W.Y. & Zuo, J. (2019). Considering life-cycle environmental impacts and society's willingness for optimizing construction and demolition waste management fee: An empirical study of China. *Journal of Cleaner Production*, 206, 1004-1014 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.170>

Wu, H.; Zuo, J.; Zillante, J.; Wang, J.; Yuan, H. (2019) Status quo and future directions of construction and demolition waste research: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118-163.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118163>

Zhang, J., Gu, F., Zhang, Y., 2019. Use of building-related construction and demolition wastes in highway embankment: Laboratory and field evaluations. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1051-1060.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.182>

Zhang, M.; Li, W.; Wang, Z. & Liu, H. (2023a) Urbanization and production: Heterogeneous effects on construction and demolition waste. *Habitat International*, 134, 102778,
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102778>

Zhang, M., Liu , X. & Kong, L.(2023b). Evaluation of carbon and economic benefits of producing recycled aggregates from construction and demolition waste. *Journal of Cleaner Production*, 425 , 138946, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138946>

Zheng, L.; Wu, H.; Zhang, H.; Duan, H.; Wang, J.; Jiang, W.; Dong, B.; Liu, G.; Zuo, J. & Song, Q. (2017) Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. *Construction Building Materials*, 136, 405-413 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.055>

Editor responsável: Luciene Pimentel da Silva

Recebido: 15-jul.-2024

Aprovado: 18-mar.-2025