



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## ROTAS TECNOLÓGICAS APLICADAS À GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.II-006>

**Eduardo Antonio Maia Lins\***, Levi Torres, Hilda Wanderley Gomes, Keli Starck, Letícia Cavalcante de Lima Galindo.

\* Instituto Federal de Pernambuco, Universidade Católica de Pernambuco, Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH); E-mail: [eduardomaialins@gmail.com](mailto:eduardomaialins@gmail.com).

### RESUMO

A gestão de resíduos da construção civil (RCC) constitui um dos principais desafios ambientais associados à urbanização e ao crescimento do setor construtivo. Esses resíduos apresentam elevada heterogeneidade e volume expressivo, sendo frequentemente destinado inadequadamente, o que acarreta impactos ambientais significativos. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar e sistematizar as rotas tecnológicas aplicáveis à gestão de RCC, considerando sua eficiência sob a perspectiva da economia circular. A metodologia adotada baseou-se em revisão bibliográfica sistematizada, com identificação e categorização das principais rotas tecnológicas, incluindo reutilização direta, reciclagem mineral, valorização secundária e disposição final em aterros de inertes. Adicionalmente, foi aplicada uma abordagem de análise multicritério, por meio do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para hierarquização das alternativas com base nos critérios de eficiência ambiental, custo operacional, complexidade técnica, maturidade tecnológica e aplicabilidade. Os resultados indicam que a reutilização direta apresenta o maior desempenho ambiental, enquanto a reciclagem mineral se destaca como a alternativa mais equilibrada em termos técnicos e operacionais. A disposição final, embora necessária, apresenta o menor desempenho sob a ótica da sustentabilidade. Conclui-se que a integração de diferentes rotas tecnológicas, associada à aplicação de ferramentas de apoio à decisão, constitui estratégia fundamental para a melhoria da gestão de RCC e para a promoção de modelos alinhados aos princípios da economia circular.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos da construção civil, rotas tecnológicas, reciclagem mineral, AHP, economia circular.

### ABSTRACT

The management of construction and demolition waste (CDW) represents a major environmental challenge associated with urbanization and the growth of the construction sector. These wastes are characterized by high heterogeneity and significant volume, often being improperly disposed of, resulting in substantial environmental impacts. In this context, this study aims to analyze and systematize technological routes applied to CDW management, considering their efficiency from a circular economy perspective. The methodology was based on a structured literature review, including the identification and categorization of the main technological routes, such as direct reuse, mineral recycling, secondary valorization, and final disposal in inert landfills. Additionally, a multi-criteria decision analysis was applied using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to rank the alternatives based on environmental efficiency, operational cost, technical complexity, technological maturity, and applicability. The results indicate that direct reuse presents the highest environmental performance, while mineral recycling stands out as the most balanced alternative in technical and operational terms. Final disposal, although necessary, showed the lowest performance from a sustainability perspective. It is concluded that the integration of multiple technological routes, combined with decision-support tools, is essential to improve CDW management systems and to promote models aligned with circular economy principles.

**KEYWORDS:** Construction and demolition waste, technological routes, mineral recycling, AHP, circular economy.

### INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil destaca-se como um dos setores de maior relevância econômica e social, sendo, simultaneamente, uma das principais responsáveis pela geração de resíduos sólidos em áreas urbanas. Os resíduos da construção e demolição (RCD), também denominados resíduos da construção civil (RCC), apresentam elevada heterogeneidade, abrangendo materiais como concreto, argamassa, cerâmica, metais, madeira e polímeros. Estima-se que esses resíduos possam representar mais de 50% da massa total de resíduos sólidos urbanos em grandes centros, refletindo tanto a intensidade das atividades construtivas quanto ineficiências no uso de materiais ao longo do ciclo produtivo (PINTO, 1999; JOHN; AGOPYAN, 2000). Estudos mais recentes confirmam que a expansão urbana e o



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



aumento da demanda por infraestrutura continuam ampliando a geração de RCC em escala global (KAZMI et al., 2021; JIN et al., 2019).

Do ponto de vista ambiental, a gestão inadequada desses resíduos está associada a diversos impactos negativos, como a ocupação irregular do solo, degradação paisagística, obstrução de sistemas de drenagem urbana, assoreamento de corpos hídricos e aumento das emissões de gases de efeito estufa ao longo do ciclo de vida dos materiais. O setor da construção civil é responsável por significativa parcela do consumo de recursos naturais e das emissões globais, reforçando a necessidade de adoção de práticas mais sustentáveis (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; AKHTAR; SARMA, 2018). Além disso, grande parte dos RCC ainda é destinada a aterros, evidenciando limitações na recuperação e valorização de materiais (SILVA *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a literatura científica contemporânea tem enfatizado a transição de modelos lineares de produção para abordagens baseadas na economia circular, nas quais os resíduos são reinseridos no ciclo produtivo por meio de estratégias de redução, reutilização e reciclagem. A economia circular aplicada à construção civil busca maximizar a eficiência no uso de recursos, prolongar o ciclo de vida dos materiais e minimizar a geração de rejeitos, sendo considerada essencial para a sustentabilidade do setor (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; LU; YUAN, 2013; KAZMI *et al.*, 2021). Estudos indicam que sistemas bem estruturados de reciclagem podem alcançar elevados índices de recuperação de materiais, embora ainda existam desafios técnicos, econômicos e institucionais que limitam sua plena implementação.

Apesar dos avanços observados, persistem desafios relevantes relacionados à eficiência dos sistemas de gestão de RCC, especialmente quanto à integração das diferentes etapas do fluxo de manejo, à qualidade da segregação na origem e à viabilidade econômica das tecnologias de reciclagem. A fragmentação entre geração, triagem, beneficiamento e destinação final compromete o desempenho global do sistema, reduzindo o potencial de recuperação de materiais e aumentando os impactos ambientais associados. Nesse sentido, a organização das rotas tecnológicas, entendidas como os caminhos operacionais percorridos pelos resíduos desde sua geração até sua valorização ou disposição final, constitui elemento central para a melhoria da gestão (YUAN; SHEN; LI, 2011).

Diante desse cenário, este estudo parte do seguinte problema de pesquisa: como estruturar e sistematizar rotas tecnológicas capazes de aumentar a eficiência ambiental e operacional da gestão de resíduos da construção civil, à luz dos princípios da economia circular? Assim, o objetivo deste trabalho é analisar e sistematizar as principais rotas tecnológicas aplicáveis à gestão de RCC, identificando suas etapas, potencialidades e limitações, com vistas à proposição de modelos conceituais mais eficientes e sustentáveis.

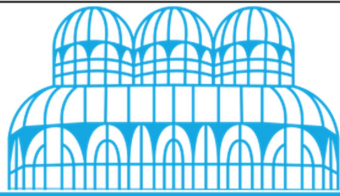
Para atingir esse objetivo, o estudo adota uma abordagem baseada na sistematização de rotas tecnológicas associada a uma análise multicritério, utilizando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proposto por Thomas Saaty (1980). Essa abordagem permite integrar múltiplos critérios técnicos, ambientais e operacionais, possibilitando a hierarquização das alternativas de manejo de RCC e contribuindo para a proposição de modelos mais eficientes e alinhados aos princípios da economia circular.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de abordagem qualitativa, com natureza exploratória e descritiva, estruturado a partir de revisão bibliográfica sistematizada e análise técnico-conceitual das rotas tecnológicas aplicáveis à gestão de resíduos da construção civil (RCC). Esse tipo de abordagem é amplamente empregado em estudos voltados à consolidação de conhecimento e proposição de modelos analíticos em sistemas ambientais complexos (GIL, 2008; YIN, 2015).

A revisão bibliográfica foi conduzida com base em princípios adaptados do protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), visando garantir transparência, rastreabilidade e reprodutibilidade no processo de seleção dos estudos (PAGE et al., 2021). Foram consultadas as bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Google Scholar, além de documentos técnicos e normativos relacionados à gestão de RCC.

A estratégia de busca utilizou combinações de palavras-chave em português e inglês, incluindo “construction and demolition waste”, “CDW management”, “recycling technologies”, “waste valorization” e “resíduos da construção civil”. O recorte temporal adotado compreendeu o período de 2000 a 2025, contemplando tanto estudos clássicos quanto avanços recentes na área. Como critérios de inclusão, foram considerados estudos que abordassem tecnologias



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026



de reutilização, reciclagem, processamento e destinação final de RCC, com ênfase na descrição de fluxos operacionais e rotas tecnológicas. Foram excluídos trabalhos sem rigor metodológico ou sem aderência temática ao escopo da pesquisa.

Após a seleção, os estudos foram submetidos à leitura integral e organizados por meio de categorização temática, permitindo a identificação das principais rotas tecnológicas de gestão de RCC. Essas rotas foram classificadas em quatro categorias principais: reutilização direta, reciclagem mineral, valorização secundária e disposição final em aterros de inertes.

Com base nessa sistematização, foi elaborada uma matriz comparativa qualitativa, utilizando escala ordinal de três níveis (baixo = 1; médio = 2; alto = 3), conforme abordagem amplamente empregada em estudos de avaliação multicritério em gestão ambiental. Foram definidos cinco critérios de análise: eficiência ambiental, custo operacional, complexidade técnica, maturidade tecnológica e aplicabilidade. A atribuição dos valores às alternativas foi realizada com base na interpretação crítica da literatura especializada, garantindo consistência conceitual e fundamentação teórica.

Visando reduzir a subjetividade inerente à análise qualitativa, foi aplicada uma abordagem de apoio à decisão baseada no método Thomas Saaty, por meio do Analytic Hierarchy Process (AHP) (SAATY, 1980). O método foi utilizado para hierarquizar as rotas tecnológicas a partir da ponderação dos critérios definidos. A construção da matriz de comparação par a par dos critérios foi realizada com base em julgamentos fundamentados na literatura, priorizando aspectos ambientais e operacionais.

Os pesos dos critérios foram obtidos por meio da normalização do autovetor principal da matriz de comparação, e a consistência dos julgamentos foi verificada por meio da razão de consistência (CR), conforme proposto por Saaty (1980), sendo adotado como aceitável o limite de  $CR < 0,10$ .

A avaliação das alternativas foi realizada por meio da agregação ponderada dos desempenhos normalizados, conforme a equação 1:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot p_{ij} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que  $S_i$  representa o score global da alternativa  $i$ ,  $w_j$  corresponde ao peso do critério  $j$ , e  $p_{ij}$  representa o desempenho normalizado da alternativa  $i$  no critério  $j$ .

Para os critérios de benefício (eficiência ambiental, maturidade tecnológica e aplicabilidade), valores mais elevados indicaram melhor desempenho. Para os critérios de custo operacional e complexidade técnica, adotou-se lógica inversa, de modo que menores valores corresponderam a maior atratividade da alternativa.

A aplicação do AHP permitiu a obtenção de um ranking quantitativo das rotas tecnológicas, integrando múltiplos critérios em uma estrutura analítica consistente. Essa abordagem é amplamente utilizada em estudos de apoio à decisão em engenharia ambiental, especialmente em contextos nos quais há limitação de dados primários, sendo baseada na sistematização de conhecimento especializado (SAATY, 1980; KAZMI et al., 2021).

Por fim, destaca-se que o estudo apresenta limitações inerentes à utilização de dados secundários e julgamentos baseados na literatura, não contemplando validação empírica em campo. No entanto, a abordagem adotada fornece uma base robusta para análise comparativa e hierarquização de alternativas tecnológicas, podendo subsidiar estudos futuros com aplicação em contextos reais e integração com modelos quantitativos mais avançados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise sistematizada da literatura permitiu identificar que a gestão de resíduos da construção civil (RCC) pode ser estruturada a partir de um conjunto de rotas tecnológicas organizadas de forma hierárquica, em consonância com os princípios da gestão integrada de resíduos sólidos e da economia circular. Essas rotas refletem diferentes níveis de valorização dos materiais, variando desde a reutilização direta até a disposição final em aterros de inertes, sendo a eficiência do sistema diretamente dependente da articulação entre as etapas de segregação, triagem, processamento e destinação final (YUAN; SHEN; LI, 2011; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



Com base na categorização dos estudos analisados, foi possível classificar as principais rotas tecnológicas em quatro níveis: (i) reutilização direta, (ii) reciclagem mineral, (iii) valorização secundária e (iv) disposição final. Essa estrutura está alinhada ao princípio de priorização de rotas de maior valor agregado, amplamente discutido na literatura como estratégia fundamental para a redução da pressão sobre recursos naturais e minimização dos impactos ambientais (LU; YUAN, 2013; KAZMI *et al.*, 2021).

A fim de aprofundar a análise comparativa entre essas rotas, foi elaborada uma matriz qualitativa (Tabela 1) baseada na literatura, utilizando escala ordinal (baixo = 1; médio = 2; alto = 3), conforme abordagem consolidada em estudos de avaliação multicritério em gestão ambiental. Foram considerados os critérios de eficiência ambiental, custo operacional, complexidade técnica, maturidade tecnológica e aplicabilidade, permitindo avaliar o desempenho relativo das alternativas tecnológicas.

**Tabela 1. Análise comparativa das rotas tecnológicas de RCC.**

Rota Tecnológica	Eficiência Ambiental	Custo Operacional	Complexidade Técnica	Maturidade Tecnológica	Aplicabilidade
Reutilização direta	3	1	1	2	2
Reciclagem mineral	2	2	2	3	3
Valorização secundária	2	2	1	2	2
Disposição em aterro de inertes	1	2	1	3	3

**Fonte: Os Autores (2026).**

A análise dos resultados evidencia que a reutilização direta apresenta o maior desempenho ambiental, uma vez que elimina a necessidade de processamento e reduz significativamente o consumo de energia e recursos naturais (LU; YUAN, 2013). Contudo, sua aplicabilidade é limitada por fatores logísticos, ausência de padronização e restrições normativas, o que dificulta sua implementação em larga escala.

A reciclagem mineral, por sua vez, destaca-se como a rota tecnológica mais equilibrada, combinando boa eficiência ambiental com elevada aplicabilidade e maturidade tecnológica. Esse resultado corrobora estudos que apontam a reciclagem como a principal alternativa para resíduos classe A, especialmente em sistemas estruturados de gestão (ÂNGULO *et al.*, 2009; COELHO; DE BRITO, 2012). No entanto, seu desempenho depende fortemente da qualidade da triagem e da segregação na origem, uma vez que a presença de contaminantes compromete a qualidade dos agregados reciclados (POON; YU; NG, 2001; AKHTAR; SARMA, 2018).

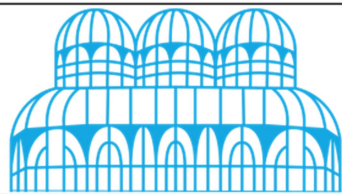
As rotas de valorização secundária apresentam desempenho intermediário, sendo aplicadas principalmente em situações onde não há viabilidade técnica para reciclagem de maior valor agregado. Já a disposição final em aterros de inertes, embora tecnicamente consolidada e amplamente aplicável, apresenta o menor desempenho ambiental, por não promover a recuperação de materiais, sendo considerada uma etapa complementar no sistema de gestão (PINTO, 1999; SILVA *et al.*, 2022).

A análise integrada das rotas tecnológicas evidencia que a principal limitação dos sistemas de gestão de RCC não está associada à ausência de tecnologias, mas sim à deficiência na integração entre as diferentes etapas do fluxo operacional. A fragmentação entre geração, coleta, triagem e processamento compromete a eficiência global do sistema, reduzindo o potencial de valorização dos resíduos e aumentando os custos operacionais.

Além disso, fatores econômicos e institucionais desempenham papel determinante na viabilidade das rotas tecnológicas. A baixa competitividade dos agregados reciclados em relação aos materiais naturais, associada à ausência de incentivos econômicos e à limitada fiscalização ambiental, constitui um dos principais entraves à expansão da reciclagem de RCC, especialmente em países em desenvolvimento (KAZMI *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2022).

Outro aspecto crítico refere-se à necessidade de padronização e controle de qualidade dos materiais reciclados. A ausência de critérios técnicos uniformes dificulta sua aceitação no mercado, restringindo sua aplicação a usos de menor valor agregado. Nesse sentido, normas técnicas desempenham papel fundamental na consolidação dessas rotas, ao estabelecer parâmetros de qualidade e segurança para utilização dos materiais reciclados.

#### - Abordagem Analytic Hierarchy Process (AHP)



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



Com o objetivo de complementar a análise qualitativa das rotas tecnológicas aplicáveis à gestão de resíduos da construção civil, foi empregada uma abordagem de apoio à decisão baseada no AHP, proposto por Saaty (1980). O método foi utilizado para hierarquizar as rotas previamente identificadas, considerando simultaneamente múltiplos critérios relevantes para a avaliação do desempenho dos sistemas de manejo de RCC.

Foram adotados cinco critérios de análise: eficiência ambiental, custo operacional, complexidade técnica, maturidade tecnológica e aplicabilidade. A matriz de comparação par a par dos critérios foi estruturada com base na literatura especializada, priorizando o desempenho ambiental e a capacidade de aplicação prática das rotas, uma vez que esses aspectos são recorrentemente apontados como centrais para a viabilidade de sistemas integrados de gestão de RCC (ÂNGULO et al., 2009; LU; YUAN, 2013; KAZMI et al., 2021). A partir da matriz de julgamento, foram obtidos os pesos normalizados dos critérios, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Pesos dos critérios obtidos pelo método AHP.**

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>
Eficiência ambiental	0,415
Aplicabilidade	0,257
Custo operacional	0,153
Complexidade técnica	0,088
Maturidade tecnológica	0,088

**Fonte: Os Autores (2026).**

A razão de consistência obtida para a matriz foi  $CR = 0,008$ , valor inferior ao limite de 0,10 estabelecido por Saaty (1980), indicando consistência aceitável dos julgamentos realizados.

Em seguida, as quatro rotas tecnológicas analisadas foram: a reutilização direta, reciclagem mineral, valorização secundária e disposição em aterro de inertes onde foram avaliadas com base na matriz qualitativa previamente construída, na qual os critérios foram classificados em escala ordinal de 1 a 3. Para os critérios de benefício, isto é, eficiência ambiental, maturidade tecnológica e aplicabilidade, valores mais elevados indicaram melhor desempenho. Para os critérios de custo operacional e complexidade técnica, adotou-se lógica inversa, de modo que menores valores corresponderam a maior atratividade da alternativa. Após a normalização dos desempenhos e a aplicação dos pesos dos critérios, obteve-se o ranking quantitativo das rotas, conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3. Ranking quantitativo das rotas tecnológicas de RCC pelo AHP.**

<b>Rota tecnológica</b>	<b>Score global</b>	<b>Ranking</b>
Reutilização direta	0,311	1
Reciclagem mineral	0,250	2
Valorização secundária	0,228	3
Disposição em aterro de inertes	0,211	4

**Fonte: Os Autores (2026).**

Os resultados indicam que a reutilização direta apresentou o maior score global, destacando-se como a alternativa de melhor desempenho relativo no conjunto de critérios analisados. Esse resultado decorre, sobretudo, de sua elevada eficiência ambiental e de seu baixo custo e baixa complexidade operacional, uma vez que essa rota evita etapas de processamento industrial e reduz o consumo de energia e de matérias-primas virgens. Tal interpretação é coerente com a literatura, que reconhece a reutilização como uma das estratégias mais aderentes aos princípios da economia circular, por prolongar o ciclo de vida dos materiais e reduzir perdas ao longo do sistema produtivo (LU; YUAN, 2013).

A reciclagem mineral ocupou a segunda posição, apresentando desempenho equilibrado entre os critérios considerados. Embora não tenha alcançado o mesmo desempenho ambiental da reutilização direta, essa rota se destaca por sua elevada aplicabilidade e maturidade tecnológica, sendo a alternativa mais consolidada para o tratamento de resíduos classe A em sistemas urbanos de gestão de RCC (ÂNGULO et al., 2009; COELHO; DE BRITO, 2012). Esse resultado reforça a interpretação de que a reciclagem mineral constitui a rota mais viável para aplicação em larga escala, sobretudo quando associada a sistemas eficientes de segregação e triagem.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



A valorização secundária apresentou desempenho intermediário, refletindo seu papel complementar no sistema de gestão. Embora possa contribuir para a redução da disposição final, essa rota tende a estar associada a aplicações de menor valor agregado, o que limita sua contribuição em termos de circularidade material. Ainda assim, sua presença no sistema é relevante, especialmente em contextos nos quais determinadas frações não apresentam viabilidade técnica para reutilização direta ou reciclagem convencional.

Por sua vez, a disposição em aterro de inertes obteve o menor score global, confirmando sua posição como alternativa menos favorável sob a ótica da sustentabilidade. Apesar de apresentar elevada maturidade tecnológica e ampla aplicabilidade, essa rota não promove recuperação de materiais e, portanto, ocupa a última posição na hierarquia de manejo. Esse resultado corrobora a literatura clássica da área, que reconhece os aterros de inertes como solução necessária para resíduos remanescentes, mas não como estratégia prioritária de gestão (PINTO, 1999).

De forma geral, o ranking quantitativo obtido pelo AHP reforça a lógica hierárquica já observada na análise qualitativa, evidenciando que as rotas tecnológicas de maior valor agregado tendem a apresentar melhor desempenho global quando considerados simultaneamente critérios ambientais, operacionais e de aplicabilidade. Assim, os resultados sugerem que sistemas integrados de gestão de RCC devem priorizar, sempre que tecnicamente viável, a reutilização direta e a reciclagem mineral, relegando a disposição final a uma condição estritamente complementar.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das rotas tecnológicas aplicáveis à gestão de resíduos da construção civil evidencia que a eficiência dos sistemas de manejo está diretamente associada à capacidade de integração entre as etapas de segregação, triagem, processamento e destinação final. A organização dessas etapas em fluxos estruturados, orientados por princípios de hierarquização e valorização de materiais, constitui elemento central para a melhoria do desempenho ambiental e operacional dos sistemas de gestão de RCC.

A sistematização das rotas tecnológicas permitiu identificar quatro níveis principais de manejo (reutilização direta, reciclagem mineral, valorização secundária e disposição final), os quais refletem diferentes graus de recuperação de valor dos resíduos. Entre essas alternativas, a reutilização direta destacou-se como a rota de maior eficiência ambiental, enquanto a reciclagem mineral apresentou o melhor equilíbrio entre viabilidade técnica, maturidade tecnológica e aplicabilidade em larga escala, configurando-se como a principal estratégia para o tratamento de resíduos classe A.

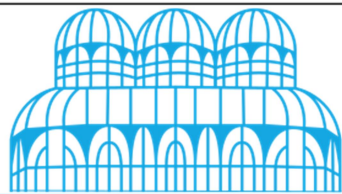
A aplicação da análise multicritério, por meio do método AHP, permitiu integrar diferentes dimensões de avaliação em uma estrutura analítica consistente, reduzindo a subjetividade inerente às abordagens qualitativas. O ranking obtido reforça a priorização de rotas tecnológicas de maior valor agregado, evidenciando que a adoção de estratégias baseadas na reutilização e na reciclagem contribui significativamente para a redução da disposição final e para o uso mais eficiente de recursos naturais.

Do ponto de vista aplicado, os resultados indicam que a principal limitação dos sistemas de gestão de RCC não reside na ausência de tecnologias disponíveis, mas sim na fragilidade da articulação entre os diferentes agentes e etapas do sistema. Fatores como deficiência na segregação na origem, limitações logísticas, ausência de incentivos econômicos e baixa padronização dos materiais reciclados ainda representam entraves significativos à consolidação de modelos mais eficientes, especialmente em países em desenvolvimento.

Destaca-se a necessidade de fortalecimento de instrumentos de gestão, incluindo políticas públicas de incentivo à reciclagem, mecanismos de rastreabilidade de resíduos, ampliação da fiscalização ambiental e consolidação de normas técnicas voltadas à qualidade dos materiais reciclados. A adoção de abordagens sistêmicas e integradas mostra-se essencial para a transição de modelos lineares para modelos circulares no setor da construção civil.

Como limitação, o presente estudo baseia-se exclusivamente em dados secundários e análise técnico-conceitual, não contemplando validação empírica em campo. Entretanto, a abordagem adotada permitiu estruturar um modelo analítico consistente para avaliação e hierarquização de rotas tecnológicas, contribuindo para o avanço do conhecimento na área.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros incorporem dados empíricos e modelos quantitativos mais avançados, incluindo simulações logísticas, análises de ciclo de vida e aplicação de métodos multicritério em contextos regionais



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



específicos. A integração entre abordagens conceituais e aplicações práticas representa um caminho promissor para o desenvolvimento de sistemas de gestão de RCC mais eficientes, resilientes e alinhados às demandas contemporâneas de sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKHTAR, A.; SARMA, A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: a global perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 262–281, 2018.
2. ÂNGULO, S. C.; JOHN, V. M.; ZORDAN, S. E. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. São Paulo: PCC-USP, 2001.
3. ÂNGULO, S. C. et al. Characterization of construction and demolition waste for recycling in Brazil. **Waste Management**, v. 29, n. 2, p. 721–730, 2009.
4. COELHO, A.; DE BRITO, J. Distribution of materials in construction and demolition waste in Portugal. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 8, p. 843–853, 2012.
5. GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11–32, 2016.
6. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
7. JIN, R. et al. Estimating construction waste generation in China: a city-level approach. **Waste Management**, v. 98, p. 6–17, 2019.
8. KAZMI, S. M. S. et al. Environmental impacts of construction and demolition waste management: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, p. 123–138, 2021.
9. JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.
10. LU, W.; YUAN, H. Investigating waste reduction potential in the upstream processes of construction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 28, p. 804–811, 2013.
11. PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021.
12. PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
13. POON, C. S.; YU, A. T. W.; NG, L. H. On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 32, n. 2, p. 157–172, 2001.
14. SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.
15. SILVA, R. V. et al. Construction and demolition waste management in developing countries: a review. **Waste Management**, v. 120, p. 15–26, 2022.
16. YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
17. YUAN, H.; SHEN, L.; LI, H. Major obstacles to improving the performance of waste management in China's construction industry. **Facilities**, v. 29, n. 5/6, p. 224–242, 2011.