

## III-898 - AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (RCD): CLASSIFICAÇÃO, APLICAÇÃO E NORMATIZAÇÃO

### **Renato Meira de Sousa Dutra<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental (UFES). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (UFES). Doutorando em Engenharia Ambiental (UFES). Professor do Instituto Federal Fluminense (IFFluminense).

### **Claudio Teixeira Paixão<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental (UFES). Sócio da Vila Recicla ME.

### **Diego Gatti<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental (UFES). Consultor Ambiental.

### **Renato Ribeiro Siman<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico (UFRRJ). Mestrado e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP). Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental (UFES).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Laboratório de Gestão do Saneamento Ambiental, Salas 20 e 21, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória-ES, CEP: 29.075-910, Brasil - Tel: (27) 3335-2168 - e-mail: lagesa@ufes.br.

## **RESUMO**

Agregados reciclados de resíduos de construção civil e demolição são aqueles provenientes do processo de transformação física (britagem) dos resíduos provenientes das operações de construção civil, que após selecionados e classificados, podem se transformar em agregados para utilização em aterros ou concretos de baixa resistência em substituição aos agregados naturais. Neste contexto, este estudo teve como objetivo apresentar um panorama da reciclagem de RCD no Brasil, apresentando dados de produção de agregados reciclados, sua classificação, aplicação e normatização. Para tanto foi realizada uma pesquisa bibliográfica em publicações brasileiras sobre a reutilização e reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) e sua aplicação como agregados reciclados em substituição aos agregados naturais. Como resultado, foi verificado que o agregado reciclado apresenta comportamento mecânico muito próximo ao natural e que o concreto produzido com agregado reciclado apresentou um ganho considerável de resistência e rigidez com o decorrer do tempo de cura. Além disso, foi constatado que grande parte da geração de RCD não é quantificada e destinada de forma inadequada, sendo a reciclagem uma alternativa viável para minimizar os problemas ambientais e propiciar a economia circular destes materiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de construção civil e demolição (RCD), Agregados recicláveis, Classificação, Aplicação, Normatização.

## **INTRODUÇÃO**

Resíduos de construção civil e demolição (RCD) são aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010), tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

Os RCD, bem como seus constituintes, podem ser classificados através do processo e atividade de origem em reutilizáveis ou recicláveis como agregados (Classe A), recicláveis para outras destinações (Classe B), não reutilizáveis ou recicláveis em face da ausência de tecnologias ou aplicações economicamente viáveis (Classe C) ou perigosos (Classe D) (Conama, 2002). Sendo um objetivo primário a não geração de RCD e,

secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Conama, 2002).

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2022 os municípios brasileiros coletaram cerca de 48 milhões de toneladas de RCD em 2021, o que equivale a 227 kg por habitante. A região com maior quantidade coletada foi a Sudeste (52%), apresentando uma geração de 279,4kg/hab/ano (ABRELPE, 2022).

Entretanto, a tarefa de quantificação de geração é especialmente difícil, pois uma importante fonte na geração de RCD são pequenos geradores informais, para os quais dados estatísticos estão indisponíveis (ABRECON, 2022). Assim, embora expressivos, os dados apresentados no Panorama mostram apenas os dados para coleta de RCD, não quantificando a geração total de RCD no país (BOHNENBERGER et. al.,2018).

Os RCD após selecionados e classificados, podem se transformar em agregados para utilização em aterros ou concretos de baixa resistência, entre outros (MARQUES NETO & SCHALCH, 2010). Segundo Morand (2016) a caracterização dos RCD é imprescindível para definir qual o tratamento que deve ser realizado, onde deve ser destinado e para viabilizar a reutilização e reciclagem.

Assim, este estudo buscou apresentar um panorama da reciclagem de RCD no Brasil, apresentando dados de produção de agregados reciclados, sua classificação, aplicação e normatização.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foi executada uma pesquisa bibliográfica em publicações brasileiras sobre a reutilização e reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) e sua aplicação como agregados reciclados em substituição aos agregados naturais.

## RESULTADOS

Normalmente nas usinas nacionais, realizam operações de cominuição, diminuição de dimensão característica e separação por tamanho de grãos (peneiramento). Sendo que, a triagem manual dos materiais graúdos pode resultar em 3,5% da massa em materiais não minerais.

Enquanto em países nos quais a reciclagem já é desenvolvida, como na Alemanha, a triagem é realizada por via úmida, o que a torna o processo muito mais eficiente (ÂNGULO, 2019). Segundo Manfrinato et al. (2008), o valor economizado com a área de aterro de resíduos, somado a venda de agregados reciclados, garante a viabilidade econômica desse tipo de projeto.

A Pesquisa Setorial ABRECON 2020 apresenta que existem aproximadamente 360 usinas de reciclagem em todo o território nacional, com uma produção de 16 e 21 milhões de toneladas de agregados reciclados por ano (ABRECON, 2022).

No Brasil, a norma NBR 15.114 (ABNT, 2004) fixa os requisitos mínimos para o projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de RCD Classe A. Segundo esta norma os agregados reciclados podem ser divididos em duas categorias, conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1: Classificação dos agregados reciclados conforme NBR 15.115 (ABNT, 2004).**

Norma	Descrição
Agregado de resíduo de concreto (ARC)	Agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à classe A, composto na sua fração graúda, de 90% ou mais em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Sua composição deve ser determinada conforme o anexo A da ABNT NBR 15116:2004 e atender aos requisitos das aplicações específicas;
Agregado de resíduo misto (ARM)	agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo de classe A composto na sua fração graúda por menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Sua composição deve ser determinada da mesma forma que a do ARC.

Fonte: Autoria própria.

Pela grande variabilidade na composição, os RCD podem apresentar diferentes percentuais de constituintes em massa. Essa variabilidade afeta as suas características como agregado na confecção de argamassas e concretos, com destaque para a granulometria, absorção de água e massa específica (ÂNGULO, 2019).

Segundo Nagalli (2014) os diferentes materiais dos resíduos de construção, além dos resíduos de demolição, requerem um tratamento especial, pois geralmente seus geradores não possuem qualquer influência sobre o processo de associação que acontece entre os resíduos. Esses tipos de resíduos, uma vez misturados, tornam-se de difícil separação.

Em países como Alemanha, Dinamarca, Suíça e Holanda, a reciclagem representa entre 50% e 90% de todo o RCD gerado, apesar disso, o índice de substituição de agregados naturais por reciclados é menor que 20% (ÂNGULO, 2019). Esse valor indica que a maior parte da utilização desse material é em obras de terraplenagem, regularização e nivelamento de terrenos ou aterramento (MUELLER, 2007).

Estudos mostram que os concretos produzidos de agregados reciclados não apresentam a resistência dos insumos naturais, demonstrando sua maior viabilidade na aplicação em bases granulares (CHO & YEO, 2003). Para Lima (2008) os RCD podem ser empregados em diversas áreas, se reciclados, e uma das aplicações é a execução de camadas em estruturas de pavimentos. Para Queiroz & Melo (2010) os agregados reciclados de RCD apresentam ganho de resistência ao longo do tempo, o que contribui ainda mais para a sua aplicação em camadas de pavimentos.

No Brasil, a ABNT elaborou duas normas que apontam as limitações, aplicações de forma correta e padrões mínimos para os agregados reciclados, conforme mostra o Quadro 2.

**Quadro 2: Aplicações dos agregados reciclados de RCD.**

<b>Norma</b>	<b>Descrição</b>
NBR 15.115 (ABNT, 2004)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos: estabelece critérios para execução de camadas de reforço de subleitos, sub-base e bases de pavimentação, bem como para camadas de revestimento com a utilização de agregados provenientes dos RCD, conhecidos como “agregados reciclados”.
NBR 15.116 (ABNT, 2004)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos: estabelece critérios para utilização de resíduos reciclados em obras de pavimentação, bem como, critérios necessários para a reutilização dos resíduos como agregado para preparo de concretos sem função estrutural.

Fonte: ABNT (2004).

De acordo norma NBR 15.116 (ABNT, 2004), o agregado reciclado pode ser utilizado em pavimentação, desde que proveniente de material classe A e atenda aos requisitos descritos na Figura 1.

Estudos de Leite (2007) e Grubba (2009) mostram que a utilização do agregado reciclado depende de uma compactação adequada e que quando submetido a essa compactação, o reciclado se comporta da mesma forma que o agregado natural, atendendo aos requisitos normativos.

**Figura 1: Requisitos para aplicação de agregados reciclados na pavimentação.**

Propriedades		Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
		Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Composição granulométrica		Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão máxima característica		$\leq 63$ mm		ABNT NBR NM 248	
Índice de forma		$\leq 3$	-	ABNT NBR 7809	-
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm		Entre 10% e 40%		ABNT NBR 7181	
Contaminantes - teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características*	2		ABNT NBR 15116	
	Materiais não minerais de características distintas*	3		ABNT NBR 15116	
	Sulfatos	2		ABNT NBR 9917	

\* Para os efeitos desta Norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.

Fonte: ABNT (2004).

## CONCLUSÕES

A metodologia aplicada neste estudo mostrou-se viável para uma avaliação inicial do uso de agregados reciclados provenientes de RCD.

Embora a quantidade a quantidade coletada de RCD no Brasil atinja a cifra de 48 milhões de toneladas anuais, sabe-se que grande parte da geração de RCD não é quantificada e destinada de forma inadequada.

Assim, a reciclagem dos RCD é uma alternativa para minimizar os problemas ambientais e propiciar a economia circular destes materiais, propiciando benefícios como a redução no consumo de recursos naturais não-renováveis, o aumento da vida útil dos aterros e a geração de empresa e renda nas atividades da cadeia de reciclagem.

Estudos analisados mostram que o agregado reciclado apresenta comportamento mecânico muito próximo ao natural e que o concreto produzido com agregado reciclado apresentou um ganho considerável de resistência e rigidez com o decorrer do tempo de cura. Com destaque para a operação da compactação, que exerce grande influência sobre o comportamento dos agregados reciclados de concreto nos tempos iniciais de cura.

No Brasil, as normas da ABNT apresentam as possíveis aplicações dos agregados reciclados, bem como os requisitos para aplicação de agregados reciclados na pavimentação. Enquanto dados da ABRECOM apresentam crescimento no número de unidades de reciclagem e no volume de agregados produzidos, indicando um aumento da demanda por agregados reciclados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 15.114. Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem. RJ: 2004
2. ABNT. NBR 15.115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação. RJ: 2004
3. ABNT. NBR 15.116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. RJ: 2004
4. ABRECON. Pesquisa Setorial 2020. Disponível em: <https://abrecon.org.br>. Acesso: 25 jan. 2022.
5. ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br>. Acesso: 25 jan. 2022.
6. ÂNGULO, S. C., Agregados, in: Materiais de Construção, 6a ed., Oficina dos textos, 2019

7. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
8. CHO, Y. H. & YEO, S. Application of aggregate recycled from construction waste to highway pavement. Proceedings. Transportation Research Board. Washington: 2003.
9. CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: 2002.
10. GRUBBA D. C. R. P., Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária. Dissertação. USP, SP: 2009.
11. LEITE, F. C., Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos. Dissertação. USP, SP: 2007.
12. LIMA, J. H. C. Utilização de resíduos de construção e demolição para pavimentos urbanos da região metropolitana de Fortaleza. Dissertação. UFC. Fortaleza, 2008.
13. MANFRINATO, J.W.S et. al. Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil como ação para o desenvolvimento sustentável estudo de caso. Anais. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. RJ: 2008.
14. MARQUES NETO, J. C. & SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição, Revista Engenharia Civil. Brasil. (36), 41-50, 2010.
15. MORAND, F. G. Estudo das Principais Aplicações de Resíduos de Obra como Materiais de Construção. TCC. UFRJ. RJ: 2016.
16. MUELLER, A. Closed loop of concrete and masonry rubble. Chair of mineral processing of building materials and reuse. Universidade de Bauhaus. Alemanha: 2007.
17. NAGALLI A. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. Oficina de Textos. SP: 2014.
18. QUEIROZ, B. O. & MELO, R. A. Uso de resíduos sólidos gerados pela construção civil em pavimentação na cidade de João Pessoa. UFP, JP: 2010.