

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM UMA USINA DE RECICLAGEM VISANDO A APLICAÇÃO COMO PAVIMENTO PARA CALÇAMENTO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.VII-015>

Giane Alves Mello (*), Suzana Frighetto Ferrarini, Marcelo Oliveira Caetano

* Programa de Pós Graduação em Ambiente e Sustentabilidade – PPGAS, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS e-mail: arquitetagianeg@gmail.com

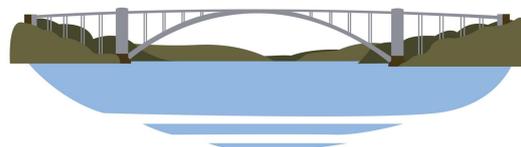
RESUMO

A construção civil é reconhecida mundialmente como um dos segmentos industriais que mais consome recursos naturais. Da mesma forma, é uma das maiores geradoras de resíduos sólidos do mundo, em torno de 50% dos resíduos gerados vem da construção e demolição (RCD). Embora saiba-se que os RCD possuem um percentual de 83% de reaproveitamento, no Brasil, somente 21% desses são reaproveitados. Grande parte é enviada para destinação ambientalmente inadequadas, tais como lixões, terrenos baldios, etc. Os índices refletem a falta de um plano de gestão integrada dos municípios com base na Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS e na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 307. A proposta de desenvolver um bloco de concreto com agregados reciclados oriundos da construção civil, visando o reaproveitamento desse material, pelo seu potencial e por sua relevância ambiental, social e econômica, proporciona novos campos de trabalho e diminuem a demanda por matéria prima de origem natural. A pesquisa foi embasada a partir da parceria realizada com uma Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), localizada na região metropolitana de Porto Alegre onde, durante o período de julho a novembro de 2021, os RCDs foram coletados e devidamente caracterizados. Três diferentes RCDs (Pó de Pedra, Brita 0 e Brita 1) foram submetidos a testes granulométricos (NBR 7211, NM 248), testes de massa unitária (NM 45) e de massa específica (NM 52 e NM 53). A partir da avaliação dessas caracterizações, concretagens de corpos de prova e de blocos foram realizadas onde, diferentes traços foram investigados frente ao potencial uso em pavimentação de calçadas. A caracterização dos blocos por testes físicos (compressão e abrasão), químicos (MEV-EDS e FRX) e ambientais (lixiviação e solubilização) indicaram que o RCD Pó de Pedra é uma alternativa atraente em substituição a areia natural, apresentando todas as características favoráveis para o uso pretendido.

PALAVRAS -CHAVE: Construção civil, sustentabilidade, resíduos, demolição, bloco de concreto.

ABSTRACT

Civil construction is recognized worldwide as one of the industrial segments that most consume natural resources. Likewise, it is one of the largest generators of solid waste in the world, around 50% of the waste generated comes from construction and demolition (RCD). Although it is known that RCD have a percentage of 83% reuse, in Brazil, only 21% of these are reused. A large part is sent to environmentally inappropriate destinations, such as dumps, vacant lots, etc. The indices reflect the lack of an integrated management plan for the municipalities based on the National Policy on Solid Waste - PNRS and the Resolution of the National Council for the Environment - CONAMA 307. The proposal to develop a concrete block with recycled aggregates from construction civil, aiming at the reuse of this material, due to its potential and its environmental, social and economic relevance, it provides new fields of work and reduces the demand for raw material of natural origin. The research was based on the partnership held with a Construction and Demolition Waste Recycling Plant (RCD) located in the metropolitan region of Porto Alegre where, during the period from July to November 2021, the RCDs were collected and properly characterized. Three different RCDs (Pó de Pedra, Gravel 0 and Gravel 1) were submitted to granulometric tests (NBR 7211, NM 248), unit mass tests (NM 45) and specific mass (NM 52 and NM 53). From the evaluation of these characterizations, concreting of specimens and blocks were carried out where different traits were investigated in view of their potential use in paving sidewalks. The characterization of the blocks by physical (compression and abrasion), chemical (SEM-EDS and FRX) and environmental (leaching and solubilization) tests indicated that Pó de Pedra RCD is an attractive alternative to replacing natural sand, presenting all the favorable characteristics for the intended use.



KEY WORDS: Civil construction, sustainability, waste, demolition, concrete block.

INTRODUÇÃO

Com a expansão urbana as cidades alavancaram na sua infraestrutura elevando o crescimento da construção civil. Esse setor é responsável pela transformação do ambiente natural no ambiente construído e sua manutenção e preservação (OJIMA e MARANDOLA, 2011).

A cadeia produtiva de materiais de construção tem um impacto significativo no meio ambiente pela extração e transformação dos recursos naturais. Estima-se que entre 50 a 75% dos materiais extraídos da natureza retornam como resíduos no período de um ano (GOLDEMBERG, 2012).

Nunca foi tão desafiador pensar na concepção das cidades, sua infraestrutura, projetos urbanos, mobilidade urbana, saneamento, rios e eficiência energética. As consequências disso têm impactado globalmente o meio ambiente, que tem sido alterado drasticamente em prol de um desenvolvimento.

A construção civil presente nesse desenvolvimento tem gerado 50% dos resíduos. A cadeia produtiva vai da extração dos recursos que perpassa da produção, transporte à concepção do projeto, até a construção e demolição. Todas essas etapas envolvem recursos naturais que vão refletir na economia e nas questões sociais. Esse impacto significativo tem que ser mitigado de forma a produzir um desenvolvimento social onde a responsabilidade seja compartilhada entre a sociedade, órgãos governamentais e empresas (MARANDOLA e HOGAN, 2011).

Conforme dados da Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, o Brasil gerou resíduos sólidos urbanos em uma quantidade aproximada de 79 milhões de toneladas em 2018, sendo 380 kg/ano/hab. Destes, 59,5% foram destinados aos aterros sanitários, o restante, 40,05%, foram descartados de forma irregular. Já os resíduos da construção civil geraram 122.012 tonelada/dia, sendo que deste índice, somente na região sul foram 16.246 tonelada/dia.

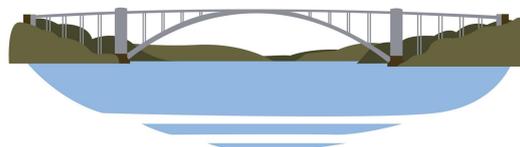
O gerenciamento dos resíduos sólidos, incluindo os perigosos, fazem parte da Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS (Lei 12.305/2010) que, dispõe além dos princípios, objetivos e instrumentos, as diretrizes relativas à gestão integrada dos resíduos da construção civil com base na Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Um grande marco no que tange aos resíduos sólidos foi atingido com esta lei, mas, ainda há necessidade de sua completa aplicação, em especial, no que tange a gestão integrada dos resíduos sólidos por parte dos municípios (ABRELPE, 2019).

No estado do Rio Grande do Sul, somente 47% declararam possuir um plano de gestão integrada conforme levantamento realizado pela FEPAM (RIO GRANDE DO SUL, 2014). Porém, desses 47%, a maioria dos municípios não têm estratégias práticas de como proceder com os resíduos, principalmente os da construção civil. Por isso, nos deparamos com imenso índice de descarte irregular dos resíduos da construção e demolição (RCD). Descarte que são deixados em logradouros, beira de rios, vias públicas etc. Essa responsabilidade deve ser compartilhada entre a gestão municipal, empresas e sociedade, uma vez que, perpassa o interesse de todos, sabendo-se que não é só uma questão ambiental, mas também de saúde.

Devido ao despreparo dos municípios, os resíduos RCD não têm sido aproveitados como deveriam e os que não são descartados de forma irregular, vão para um aterro de inertes licenciado pela FEPAM. Neste sentido, a proposta de desenvolver um bloco de concreto com agregados reciclados oriundos da construção civil, visando o reaproveitamento desse material, pelo seu potencial e por sua relevância ambiental, social e econômica, proporcionará novos campos de trabalho e diminuirá a demanda por matéria prima de origem natural.

OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho concentraram-se na caracterização de resíduos da construção civil afim de utilizá-los como agregados reciclados no desenvolvimento de blocos de concreto para calçamento.



METODOLOGIA

Materiais

Os RCDs utilizados neste trabalho foram coletadas diretamente na usina de reciclagem situada na região metropolitana de Porto Alegre/RS. As amostras foram coletadas nos montes específicos, conforme apresentado na Figura 1. De forma a garantir a homogeneidade dos materiais, a amostragem foi realizada seguindo as etapas: 1 - quarteamento do monte de RCD; 2 - seleção de aproximadamente 5 a 8 kg de cada uma das 4 partes do monte; 3 – junção/homogeneização da amostra, totalizando cerca de 30 kg por material. Os materiais foram levados para laboratório, secados em estufa a uma temperatura de 105 °C +/- 5°C por um período de 48 h, até o início dos testes de caracterização.



Figura 1: RCDs selecionados para os testes de caracterização. Onde: A - Agregado Reciclado Brita 01 (RCDB1); B - Agregado Reciclado Pedrisco ou Brita 0 (RCDB0); C - Agregado Reciclado Pó de Pedra (RCDPP).

Caracterização dos RCDs – Testes Físicos

Os RCDs foram submetidos a testes físicos como: testes granulométricos utilizando a NBR 7211 e a NM 248; testes de massa unitária usando a NM 45 e, testes de massa específica para agregado miúdo pela NM 52 e para agregado graúdo pela NM 53.

Caracterização dos Corpos de Prova e Blocos

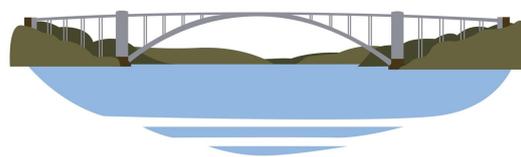
A concretagem dos corpos de prova e blocos foi realizada avaliando-se diferentes traços (NBR 9781 e NBR 12665). Uma das dosagens foi usada como referência, e as demais substituindo os agregados naturais pelos reciclados. A caracterização foi realizada através de testes físicos (compressão e abrasão), químicos (MEV-EDS e FRX) e ambientais (lixiviação e solubilização – NBR 10004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização dos RCDs

Os resultados do teste granulométrico para o RCD pó de pedra (agregado miúdo) mostraram uma granulometria maior que o agregado natural, obtendo uma classificação de areia média para grossa. Para o RCD brita 0 - agregado graúdo, quando comparada com a brita 0 natural, observa-se uma diferença no módulo de finura e uma concentração maior na peneira de 6,3 mesh. Já, o RCD brita 1 - agregado graúdo, em relação ao módulo de finura, a diferença em relação ao agregado natural não foi muito expressiva

Nos ensaios de massa unitária e massa específica, verificou-se que o agregado reciclado apresenta algumas peculiaridades, dependendo do tipo de resíduo. Neste caso os RCDs se classificaram com o índice de materiais cinzas aproximadamente 80% em relação ao material vermelho (cerâmicos). A massa unitária ficou dentro do padrão, mas a massa específica apresentou um índice menor que o agregado natural, necessitando ser adicionado mais material em comparação ao agregado natural.



Caracterização dos Corpos de Prova e Blocos

As propriedades relacionadas ao concreto fresco estão associadas a consistência, textura, trabalhabilidade, homogeneidade com a retenção da água e a massa específica (PETRUCCI, 1975). Já, a principal característica do concreto endurecido é a resistência mecânica (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A norma estabelece para pavimentos de concreto uma resistência de 35 Mpa. Outro teste que traz importantes dados em relação a qualidade do concreto obtido é o teste de resistência à tração axial. Esta propriedade está relacionada à capacidade de tensão do concreto que, poderá levar a fraturas, uma condição inversa à porosidade. As causas estão relacionadas ao fator água/cimento, ar incorporado, tipo de cimento, água de amassamento, agregados, aditivos e adições minerais (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A determinação da consistência dos traços pelo teste do abatimento de tronco de cone (NBR 16889) mostrou um slump menor para os traços com os RCDs, em comparação ao traço referência. Esses resultados podem estar associados ao percentual de finos do agregado reciclado utilizado, ocasionando uma menor trabalhabilidade e, necessitando maior adição de água no concreto.

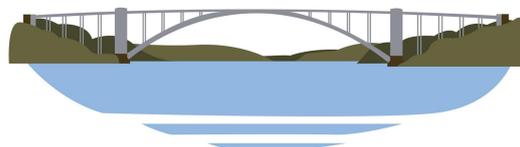
A Tabela 1 traz os resultados obtidos com os testes de resistência à compressão e resistência à tração para os traços das duas concretagens realizadas. O melhor resultado de resistência à tração no primeiro teste foi obtido para o traço 2 (34,1 Mpa), após o período de cura de 28 dias. Os baixos índices obtidos para os demais traços podem estar associados a presença da cerâmica, por ser um material com índice de plasticidade alto que influencia diretamente na resistência (TORGAL e JALALI, 2010). A presença de partículas inertes na zona de transição do concreto nas primeiras idades, atua de forma negativa, atrapalhando a formação preferencial de hidróxido de sódio e dificultando a formação (OLLIVIER, 1998). Na segunda concretagem, com o melhor traço (T2), outro tipo de cimento foi utilizado e, observase no mesmo período de 28 dias, houve uma diminuição da resistência (25 Mpa). Esses dados comprovam que o tempo de cura e o tipo de cimento influenciam fortemente nas propriedades. O cimento utilizado na segunda concretagem foi o CP V- ARI e no primeiro o CP IV Z-32. Os dados associados a resistência à tração mostram que o agregado reciclado é mais resistente à tração do que à compressão. Segundo a literatura, na medida que aumenta o percentual de resíduo reciclado (resíduo de produção de porcelanato) no concreto, aumenta a resistência à tração (SILVA, 2005).

Tabela 1. Resistência à compressão obtida para os traços da primeira e segunda concretagem. Onde: T1 – traço referência (cimento, areia, brita 1); T2 – substituição da areia natural por 100% RCD pó de pedra; T3 - substituição da brita natural por 100% RCD brita 1; T4 - substituição da brita natural por 100% RCD brita 0.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - Teste 1			RESISTÊNCIA À TRAÇÃO - Teste 1	
TRAÇO	MPa 14 dias	Mpa 28 dias	TRAÇO	KN
T 1	22,1	43,8	T1	69545
T 2	17,0	34,1	T2	54447
T 3	9,4	31,7	T3	20983
T 4	9,4	30,1	T4	20756
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - Teste 2			RESISTÊNCIA À TRAÇÃO - Teste 1	
TRAÇO	MPa 14 dias	Mpa 28 dias	TRAÇO	KN
T1	-	55,9	T1	54363
T2	-	25,0	T2	49881

Os resultados obtidos por FRX para os traços mostra como elementos majoritários, conforme esperado, óxidos de Silício (SiO_2), Cálcio (CaO), Ferro (Fe_2O_3) e Alumínio (Al_2O_3). Esses elementos estão diretamente associados a composição do cimento e das matérias primas utilizadas.

Os resultados obtidos por MEV nos traços mostraram fenômenos morfológicos importantes como a zona de transição entre a argamassa e o concreto e o fenômeno etringita (Figura 2). A etringita forma-se nos primeiros momentos da



hidratação do cimento pela combinação dos sulfatos presentes, sendo sua formação uma das responsáveis pelo endurecimento do cimento.

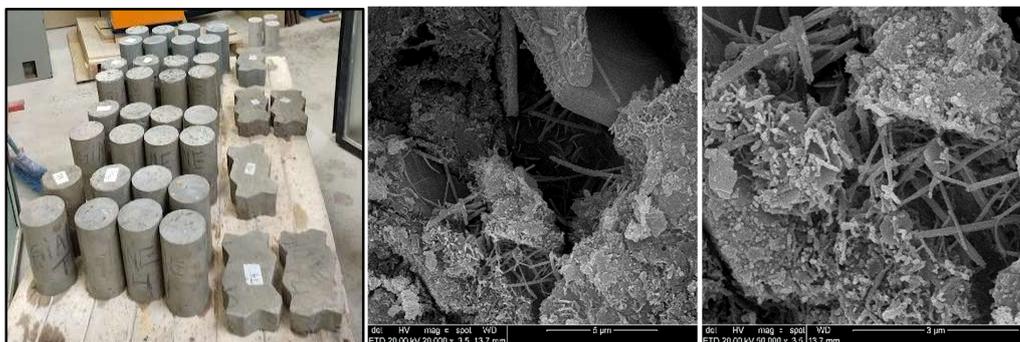


Figura 2: Micrografias obtidas por MEV para o traço 2 com o destaque para uma imagem do corpo de prova e dos blocos confeccionados.

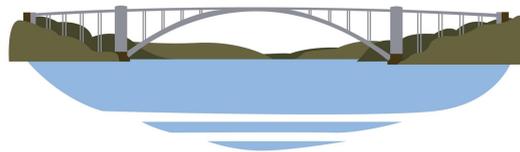
Os testes ambientais, lixiviação (NBR 10005) e solubilização (NBR 10006) classificou o resíduo como Não Perigoso Classe II (Anexo F) e Não Inerte Classe II A (Anexo G), respectivamente.

CONCLUSÕES

A partir dos diferentes tipos de ensaios realizados nos resíduos conclui-se que a utilização de agregados reciclados em substituição aos agregados naturais na produção de concretos possui um grande potencial e, estudos relacionados ao desempenho dos produtos gerados com esta substituição, são extremamente relevantes afim de trazer segurança e confiança aos profissionais da construção civil, em empregar esses materiais nas obras e assim poder contribuir efetivamente com o meio ambiente e com a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
3. ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS; Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. São Paulo: ABRELPE, 2019.
4. BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
5. BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002.
6. GOLDEMBERG, José. O desafio da sustentabilidade na construção civil. 5 ed. São Paulo: Blucher, 2012.
7. J. MARANDOLA, E.; HOGAN, D.J (Org.). Vulnerabilidade do lugar e riscos na Região Metropolitana de Campinas. Núcleo de Estudos de População. Unicamp, 2011. 173p.
8. MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo, Ed. Pini, p.573, 1994.
9. OJIMA, R.; MARANDOLA JR, E. “Indicadores e políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas: vulnerabilidade, população e urbanização”. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 18, p. 16-24, 2011.
10. OLLIVIER, J. P., Durability of concrete. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Construção Civil, BT/PCC/192. 129p. São Paulo. 1998.
11. PETRUCCI, E.G.R. Concreto de Cimento Portland. Porto Alegre: Globo, 1975.
12. RIO GRANDE DO SUL. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015-2034. Porto Alegre: FEPAM, 2014.



13. SILVA, G.J.B. Estudo do comportamento do concreto de cimento portland produzido com a adição do resíduo de polimento do porcelanato. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
14. TORGAL, F.P; JALALI, S. A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. Publindústria; 1ª Ed. 2010. ISBN-10: 9728600224 ISBN-13: 978-9728600228.