

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO GRAÚDO

Cícero Jefferson Rodrigues dos Santos (*), Danylo de Andrade Lima, Edmilson Roque da Silva Junior, Larissa Santana Batista, Marcelo Laédson Morato Ferreira. *Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, email: jeffersonrodrigues.rs@gmail.com

RESUMO

A construção civil gera diversos impactos ambientais, desde a extração dos recursos naturais até a finalização da obra e posteriormente sua demolição, sendo assim, responsável pelo uso de cerca de 30% da matéria-prima e 25% da emissão de resíduos em escala mundial. Um destino viável para o reaproveitamento do RCD é a sua utilização na substituição do agregado natural como matéria-prima para confecção de concreto, camadas de base e sub-base, pavimentos, entre outros, devido a suas propriedades mecânicas. Assim, o objetivo desse trabalho é avaliar, através de ensaios de resistência a compressão e absorção de água, o comportamento mecânico do concreto a partir da utilização do RCD como agregado graúdo, verificando se o mesmo atende as propriedades que lhe são normalmente requeridas, afim de obter um desempenho eficiente e compara-lo com o desempenho de um concreto produzido com agregado natural. Uma vez finalizado o agregado de RCD, obteve-se a massa específica e absorção do material, em seguida, confecciona-se os corpos de prova cilíndricos necessários para a realização dos ensaios mecânicos substituindo-se parcialmente o agregado graúdo em 15%, 30% e 50% de RCD. A partir dos resultados obtidos pelos ensaios, torna-se possível afirmar que o RCD obteve valores similares e até superiores em relação ao concreto convencional, uma vez que os corpos de prova do traço de 15% do resíduo com 14 dias de cura apresentaram resistência média à compressão simples igual a 19,41 Mpa, sendo superior ao do concreto convencional (17,80 Mpa). Já para o ensaio de compressão diametral, após 7 dias de cura, os traços de 30% e 50% de RCD mostraram desempenhos superiores ao concreto convencional (1,8 Mpa), com resistência média, respectivamente, de 2,44Mpa e 2,19Mpa. No rompimento com 14 dias de cura, o traço de 15% apresentou a maior resistência média (2,13Mpa) em relação aos traços de 30% (2,09 Mpa), 50% (1,78 Mpa) e o convencional (2,03). Assim, contata-se que o uso do RCD se torna viável, visto que sua utilização seria mais econômica, como também, evitaria o descarte desses resíduos em locais inapropriados e a extração de novos recursos naturais, fazendo uso assim, da prática sustentável e quebrando paradigmas, mostrando que construção civil e meio ambiente podem e devem ser trabalhados juntos.

PALAVRAS-CHAVE: RCD, Resíduos sólidos, construção civil, meio ambiente, concreto.

ABSTRACT

Civil construction generates several environmental impacts, from the extraction of natural until the finalization of the work and later its demolition, therefore, responsible for the use of approximately 30% of the raw material and 25% of the emission of waste on a world scale. A viable destination for the reuse of the RCD is its use in replacing the natural aggregate as raw material for the preparation of concrete, base and sub-base layers, pavements, among others, due to its mechanical properties. Thus, the objective of this work is to evaluate, through tests compressive strength and water absorption, the mechanical behavior of the concrete from the use of RCD as a large aggregate, verifying if it meets the properties that are normally required, in order to obtain an efficient performance and compare it with the performance of a concrete produced with natural aggregate. After finishing the RCD aggregate, the specific mass and absorption of the material was obtained, then the cylindrical specimens necessary for the mechanical tests were made, partially replacing the aggregate in 15%, 30% and 50% RCD. From the results obtained by the tests, it is possible to affirm that the RCD obtained similar and even higher values in relation to the conventional concrete, since the test specimens of the trace of 15% of the residue with 14 days of cure presented average resistance to the simple compression equal to 19,41 MPa, being higher than the conventional concrete (17,80 MPa). Already to the diametrical compression test, after 7 days of cure, the traces of 30% and 50% RCD showed higher performances than conventional concrete (1,8 MPa), with an average resistance of 2,44 MPa and 2,19 Mpa respectively. At breakup with 14 days of cure, the 15% trace presented the highest average resistance (2,13Mpa) in relation to the traces of 30% (2,09 MPa), 50% (1,78 MPa) and the conventional one (2,03 MPa). Thus, it is verified that the use of RCD becomes viable, since its use would be more economical, as well as avoiding the disposal of these wastes in inappropriate places and the extraction of new natural resources, thus making use of sustainable practices and breaking paradigms, showing that civil construction and the environment can and should be worked together.

KEY WORDS: RCD, Solid wastes, civil construction, environment, concrete.

INTRODUÇÃO

A intensa geração de resíduos sólidos da construção civil em cidades com grande índice de obras tem sido grande motivo de grande preocupação em todo o mundo, visto que a mesma envolve questões de ordens ambiental, social e também, financeira. Em função disso, a todo tempo, pesquisadores buscam alternativas, em todo o país a fim de minimizar, ou até mesmo sanar problemas decorrentes do processo da grande produção de entulho nas obras, no qual, muitas não dão uma destinação correta, ou no mínimo apropriada para a grande quantidade de resíduos produzidos.

Segundo a resolução do CONAMA nº 307, Art. 2º, Inciso I, publicada no ano de 2002, entende-se por resíduo da construção civil aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Assim, estes que são destacados nesta resolução, caso não receba uma destinação correta, algo que pode parecer irrelevante, se tornará um contribuinte de forma direta para o aumento da poluição em determinada região.

No Brasil, eles apresentam graves problemas, seja pela disposição irregular destes resíduos, gerando problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. Bem como, sobrecarregado os sistemas de limpeza pública, podendo representar de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos – RSUs (Brasil, 2005b) apud IPEA (2012).

A Lei Nº 12.305 institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos que reúne um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações, que objetivam dar um fim adequado para o resíduo gerado, compartilhando a responsabilidade sobre os resíduos gerados e incentivando o desenvolvimento de uma cadeia produtiva sustentável com a cooperação entre o público e privado desenvolvendo pesquisas que se beneficiem dos resíduos (BRASIL, 2010).

Segundo a ABRELPE (2015), no Brasil é coletado cerca de 45 milhões de toneladas de Resíduo da Construção e demolição (RCD) em 2015, equivalente a 0,605 kg/hab./dia, o que configura um aumento de 1,2% em relação a 2014. Sendo o Nordeste responsável por coletar cerca de 9 milhões de toneladas, ocupando o segundo lugar no ranking nacional, perdendo apenas para a região Sudeste com cerca de 23 milhões de toneladas.

Os RCD dispostos inadequadamente poluem o solo, degradam paisagens e constituem uma ameaça à saúde pública, pois servem de abrigo para animais peçonhentos, facilitando a proliferação de doenças, Karpinsk et al (2009). Uma vez ocorrendo o desperdício de materiais na construção, significa que recursos naturais estão sendo desperdiçados, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável (SOUZA et al, 2004) apud Karpinsk et al (2009).

Neste contexto, levando em consideração a enorme quantidade de resíduos produzidos pela construção civil, o que consequentemente promove a exploração acelerada de matéria prima do meio ambiente e em muitos casos a destinação inadequada destes, fez-se necessária uma tomada de ações com o intuito de amenizar os impactos ambientais gerados por esses resíduos. Assim, no ano de 2002, foi criada a Resolução do CONAMA, na qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, com a finalidade de reduzir a poluição causada por RCD.

A resolução estabelece também no Art. 3º uma classificação para os resíduos seguida respectivamente pelas as classes A B, C e D, sendo à classe A composta por resíduos reutilizados ou reciclados como agregados, em particular, para utilização no concreto. E em seguida, no Art. 4º institui que os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, reutilização, a reciclagem e a destinação final adequada.

Dessa forma, o trabalho proposto é motivado a buscar fins alternativos para o RCD através da sua utilização na composição de concreto convencional. Podendo assim, mostrar-se um caminho viável para a redução de impactos ambientais na indústria da construção civil, e assim, contribuir diretamente para a redução do descarte de resíduos em locais inapropriados, possibilitando uma alternativa viável de reutilização para o material.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o comportamento mecânico de um concreto a partir da utilização de RCD obtido em diversas obras de construção civil como agregado graúdo em sua composição. Já como objetivos Específicos, testar composições do RCD no traço de concreto, a fim de se obter o melhor desempenho, analisar o comportamento dos agregados reciclados de RCD na resistência à tração e compressão e analisar a performance quanto à absorção de água do concreto e por fim, reduzir possíveis impactos ambientais causados em função da deposição irregular dos RCD.

METODOLOGIA:

Para que o objetivo proposto chegasse a ser alcançado, foi realizado inicialmente um levantamento bibliográfico acerca da problemática estudada. Em seguida, foi feita uma pesquisa na cidade de Pombal-PB, no intuito de encontrar obras que disponibilizassem do RCD e não fariam mais uso dos mesmos.

Após esta pesquisa, foram coletados os resíduos e levados para a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – campus Pombal, para o processo de trituração do material. Para os primeiros testes, foram triturados 40 Kg de resíduo com um britador de mandíbula elétrica, com o intuito de padronizar o tamanho do agregado graúdo e deixa-lo com dimensões de brita nº1. Posteriormente, o material britado foi caracterizado por meio de classificação com peneiramento. Os resíduos encontrados na obra e britados podem ser observados nas figuras a seguir.



Figura 1. Material encontrado na obra. Fonte: Autor do trabalho.



Figura 2. Material britado. Fonte: Autor do trabalho.

Uma vez que finalizada a moagem do agregado de RCD, foi realizada a sua classificação, tendo em vista que este é composto por resíduos cerâmicos, de argamassa, concreto, gesso, plásticos, entre outros. Optou-se por utilizar os resíduos de argamassa pelo critério quantitativo e por fins de obter amostras de dados seguras e precisas.

A partir disso, foi realizada a caracterização física de todos os materiais utilizados na pesquisa, iniciando com o ensaio de granulometria da areia, da brita e do RCD a fim de conhecer o tamanho dos seus grãos e as características de cada uma de suas faixas granulométricas. Em seguida, realizou-se os ensaios de massa unitária e específica dos agregados, verificando também a absorção dos agregados graúdos (brita e RCD).

Após a caracterização, deu-se início ao processo de moldagem dos corpos de prova utilizando moldes cilíndricos com dimensões de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. O traço usado para a confecção desses corpos foi feito com os materiais comuns a composição do concreto (cimento + areia + brita + água) somando também o RCD, substituindo-o parcialmente pela brita 1 em três proporções: 15%, 30% e 50%. Paralelamente, também foram confeccionados corpos de prova convencionais, sem adição do resíduo, a fim de obter um parâmetro de comparação e verificação das propriedades pretendidas no estudo.

Os corpos de prova foram colocados em cura úmida, sendo submetidos as idades de 7 e 14 dias. Por fim, após a cura, foram realizados os ensaios mecânicos de resistência à compressão simples e tração por compressão diametral.

As normas utilizadas em cada ensaio e as proporções de cada traço seguem dispostas nas tabelas 1 e 2 abaixo.

Tabela 1. Normas ABNT. Fonte: Autor do trabalho.

Ensaio	Normas utilizadas
Massa unitária	NBR NM 45 / 2006
Massa específica	NBR NM 52 / 2009
Absorção	NBR NM 53 / 2009
Granulometria	NBR NM 248 / 2003
Resistência a compressão	NBR 5739 / 2007
Resistência à tração por compressão diametral	NBR 7222 / 2011
Moldagem e cura de corpos-de-prova	NBR 5738 / 2016

Tabela 2. Normas ABNT. Fonte: Autor do trabalho.

Composição de RDC	Traço
15%	1: 2,28: 2,62: 0,53
30%	1: 2,28: 2,62: 0,56
50%	1: 2,28: 2,62: 0,60

RESULTADOS

Após a realização dos ensaios de peneiramento, foi construído o gráfico granulométrico dos agregados graúdos e miúdos como mostra a seguir.

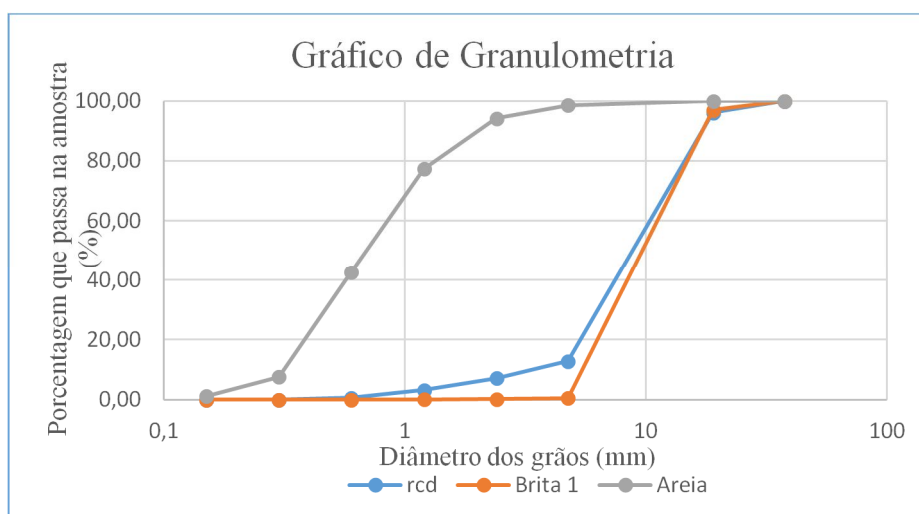


Figura 3. Gráfico granulométrico dos agregados graúdos e miúdos. Fonte: Autor do trabalho.

Analisando os dados coletados podemos obter os resultados da caracterização de acordo com a ABNT. Apresenta-se na tabela 3, o resumo dos resultados das curvas granulométricas.

Tabela 3. Resumo da Granulometria. Fonte do autor

Classificação	RCD (%)	Brita 1 (%)	Areia (%)
Pedregulho	99,2	100	10
Areia	0,8	0	50
Silte	0	0	40
Argila	0	0	0

A partir da análise dos resultados encontrados pode-se perceber a similaridade na composição do RCD e da Brita 1, ambos tendo sendo constituídos de material pedregulhoso. Já a areia tem sua constituição mais variada, sendo classificada como uma areia siltosa.

Da análise dos dados das composições granulométricas dos agregados, têm-se os principais parâmetros apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Principais parâmetros obtidos da granulometria dos agregados. Fonte: Autor do trabalho.

Parâmetro	RCD	Brita 1	Areia
D ₁₀	4,4	5,2	0,25
D ₃₀	6,5	7,3	0,49
D ₆₀	10	10,3	0,8
CC	0,96	0,99	1,20
CU	2,27	1,98	3,20

De acordo com os resultados pode-se caracterizar as curvas granulométricas do RCD e da brita 1 como curvas descontínuas com ausência de grãos e muito uniformes e a curva da areia como bem graduada e muito uniforme. Nota-se que a curva do RCD e da Brita 1 são bastante similares, o que aponta que os materiais têm composições semelhantes e conseqüentemente que o RCD pode se apresentar insumo para substituir a agregado graúdo natural.

Quanto a massa unitária, exibe-se a seguir os resultados obtidos através deste ensaio referentes aos agregados estudados na tabela 5, utilizando-se três amostras e calculando-se a média.

Tabela 5. Dados correspondentes ao ensaio de massa unitária dos agregados. Fonte: Autor do trabalho.

Agregado	Massa Unitária (g/cm ³)
RCD	1,09
Brita	1,45
Areia	1,41

De acordo com Cabral (2007) a diminuição da massa unitária do RCD em comparação com o agregado graúdo natural acontece em função da diminuição da densidade do próprio material e da alta porosidade característica dos agregados reciclados, a forma irregular das partículas dos agregados contribui também para a redução da mesma. Porém, essas reduções são dependentes também da granulometria do RCD.

Utilizando-se os agregados já citados, com a realização dos ensaios de absorção de água têm-se os seguintes resultados.

Tabela 6. Dados correspondentes ao ensaio de absorção de água dos agregados. Fonte: Autor do trabalho.

Agregado	Absorção (%)
RCD	9,66
Brita	0,60

Desse modo, constatou-se que o agregado possui um alto índice de absorção em comparação com o agregado natural, atingindo cerca de 16 vezes a porcentagem do mesmo. Esse crescimento ocorre pelo aumento do teor de pasta de concreto, consequentemente aumentando a quantidade de poros, o que pode comprometer o traço com a quantidade de água a ser utilizada. Desta forma, precisa-se de uma certa atenção para que a resistência do concreto não seja comprometida.

A partir dos dados adquiridos, pôde-se verificar que o concreto com adição de RCD em suas composições de 15%, 30% e 50%, atingiu os resultados esperados, com ênfase no RCD de 15%, visto que apresentou o melhor desempenho, superando assim o traço convencional após os 14 dias de cura, como pode-se constatar na figura 4 abaixo. Contudo, espera-se que ao final dos 28 dias o RCD atinja as resistências mínimas para um concreto de fins estruturais como estipuladas pela Norma.

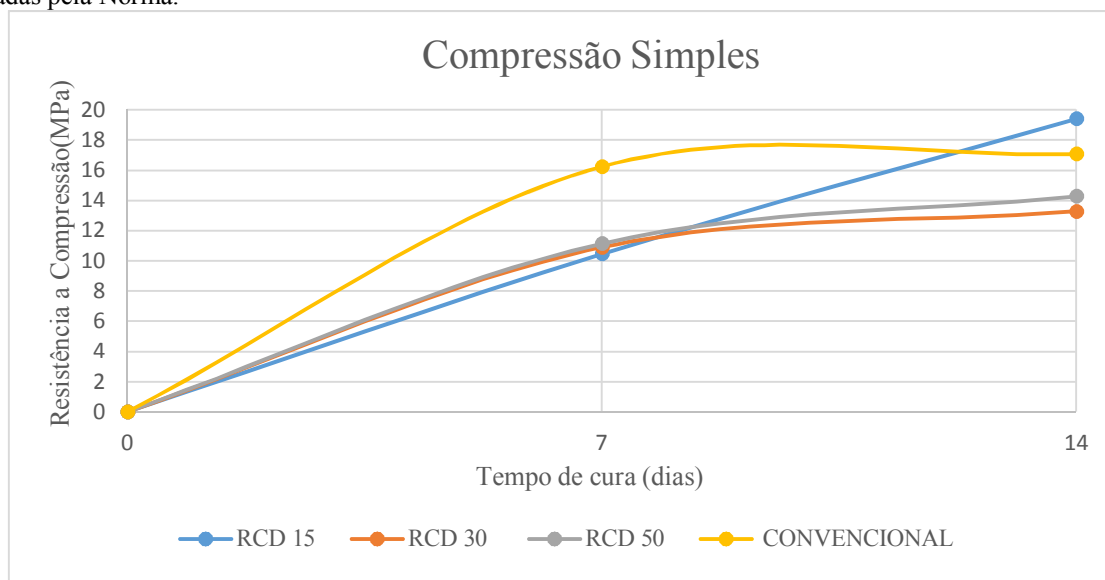


Figura 4: Resistência à Compressão Simples. Fonte: Autor do trabalho.

O aumento da substituição do agregado graúdo natural pelo RCD não resulta em valores superiores para compressão simples pelo fato de que a absorção e o índice de vazios aumentam de acordo com o grau de substituição do agregado reciclado, resultando em uma distribuição de poros e uma estrutura que não propiciam o alcance de resistências superiores. No entanto, a diferença de resistência entre os traços convencional e de RCD, ambos com a mesma idade de cura foi muito pequena, o que torna compensatório a substituição em porcentagens ainda maiores de resíduos.

Em âmbito geral, observou-se que o agregado de RCD proporcionou boas propriedades de resistência à tração ao concreto, mantendo-se assim, resultados próximos aos adquiridos ao convencional. Assim, cabe mencionar o traço de 15%, onde obteve resistência à tração superior ao traço convencional, como mostra a figura 5 abaixo.

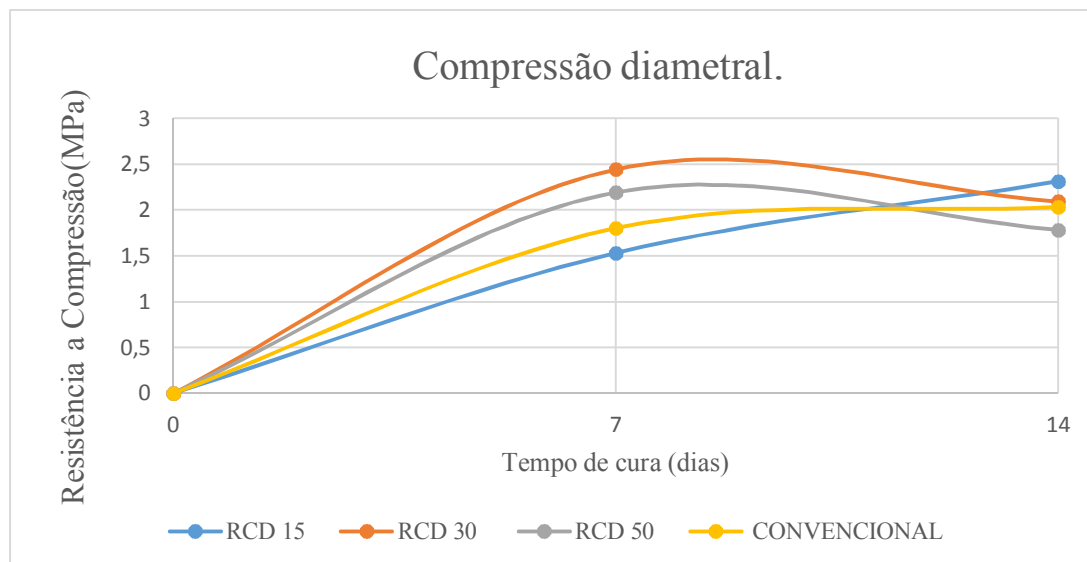


Figura 5: Resistência à Compressão diametral. Fonte: Autor do trabalho.

Percebe-se que quando comparada a resistência a compressão, a resistência a tração do concreto foi menos afetada com a adição de RCD. Segundo Leite (2001) isso pode ser explicado porque a resistência à tração leva em consideração mecanismos de aderência física entre as partículas, e como o uso de agregados reciclados parece promover uma boa aderência entre a pasta e o agregado, em função da sua forma mais irregular e rugosa, a zona de transição do concreto com agregados reciclados é muito boa.

CONCLUSÕES

Após a realização dos ensaios de caracterização dos agregados empregados e da resistência mecânica do concreto sustentável, foi possível verificar que na análise granulométrica, as porcentagens retidas acumuladas do RCD se encontram dentro dos limites da composição granulométrica conforme a NBR 7211 (2009), sendo assim possível sua utilização como agregado graúdo na produção de concretos de cimento Portland, podendo também se constatar a mal graduação e grande uniformidade do RCD.

Os corpos de prova com 7 dias de cura, apresentaram resistência à compressão simples nos traços com RCD, valores inferiores ao do concreto convencional. Já com 14 dias de cura, o traço de 15% apresentou resistência média igual a 19,41 Mpa, sendo superior ao do concreto convencional (17,80 Mpa).

No ensaio de compressão diametral, após 7 dias de cura, os traços de 30% e 50% de RCD mostraram desempenhos superiores ao concreto convencional (1,8 Mpa), com resistência média, respectivamente, de 2,44Mpa e 2,19Mpa, o traço de 15%, em contrapartida, demonstrou desempenho inferior (1,53 Mpa). No rompimento com 14 dias de cura, o traço de 15% apresentou a maior resistência média (2,13Mpa) em relação aos traços de 30% (2,09 Mpa), 50% (1,78 Mpa) e o convencional (2,03).

Quanto ao ensaio de absorção de água, embora a quantidade de água tenha aumentado significativamente, podendo ser um fator negativo do ponto de vista ambiental, o uso do resíduo ainda se torna compensador em função da retirada de um material que é depositado de maneira irregular no meio ambiente.

Portanto, o RCD pode ser empregado na fabricação de concreto estrutural, pois o mesmo apresenta desempenhos mecânicos semelhantes e até superiores ao concreto convencional, além da viabilização de sua utilização, pois uma vez que se esse material seria descartado, sua utilização seria mais econômica e evitaria a extração de recursos, em razão de não ser descartado indevidamente e também propiciara o surgimento de um novo mercado, evidenciando-se assim, que a sua utilização como agregado graúdo, contribui para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável, que é a integração entre a economia, a preservação ambiental e a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 11768:1992. **Aditivos para concreto de cimento Portland**. Rio de Janeiro, pag. 1-4. Acesso em: 27 de julho de 2017.
2. _____. NBR 7251:1982. **Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, pag. 1-3, 1982. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/19077598/nbr-7251-1982---agregado-em-estado-solto---determinacao-da-massa-unitaria>>. Acessado em: 10 de março de 2017.
3. _____. NBR 9935:2005. **Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro, pag. 1-8. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.935-Agregados-terminologia.pdf>>. Acesso em: 21 de junho de 2017.
4. _____. NBR 7215:1996. **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Compressão de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, pag. 1-8. Disponível em: <https://docs.google.com/file/d/0B_s67fmc3QIOeGU2NE5nTEZOMXc/edit>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2017.
5. _____. NBR 5738:2016. **Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, pag. 1-9, 2016.
6. _____. NBR 5739:2007. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, pag. 1-8, 2007. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA-CUAJ/nbr-5739>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2017.
7. _____. NBR 7222:2011. **Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, pag. 1-3, 2011.
8. _____. NBR 10004:2004. **Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, pag. 1-5. Disponível em: <<http://analiticaqmc.paginas.ufsc.br/files/2013/07/residuos-nbr10004.pdf>>. Acesso em: 10 de março de 2017.
9. _____. NBR 6118:2003. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>>. Acessado em: 10 de abril de 2018.
10. ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN - NBR NM 53:2009. **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, pag. 1-9, 2009. Disponível em: <http://areiaovitoria.com.br/download/NM_53_2009_2ed.pdf>. Acessado em: 10 de março de 2018.
11. _____. NBR NM 248:2001. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, pag. 1-3, 2001. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/19077598/nbr-7251-1982---agregado-em-estado-solto---determinacao-da-massa-unitaria>>. Acessado em: 10 de março de 2018.
12. _____. NBR NM 45:2006. **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, pag. 1-8, 2006. Disponível em: <https://mvalin.com.br/_files/200000124-dda56dea4b/nbr%20nm%2045%20-%202006%20-%20agregados%20%20determina%C3%A7%C3%A3o%20da%20massa%20unit%C3%A1ria%20e%20do%20volume%20de%20vazios.pdf>. Acessado em: 10 de março de 2018.
13. _____. NBR NM 53:2003. **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, pag. 1-8. Disponível em: <<https://docs.google.com/file/d/0BxP7mphRg3A2YzRhZwUzNWQtODIzMS00YzE1LTg5ZjktZGQwOGQyMjgyNWYz/edit>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2017.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/>>. Acesso em: 27 de julho de 2017.
15. ABRECON, Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Curso sobre Gestão Resíduos da Construção Civil e Operação de Usinas de Reciclagem de Entulho**. 11ª Edição Abril/2016, São Paulo, 2016, pag 15-19. Disponível em: <https://issuu.com/sanchocom/docs/cartilha-curso11ed_abrecon>. Acessado em: 10 de março de 2017.
16. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **RESOLUCAO N° 307**, pg. 01-02, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2017.
17. BRASIL. **Lei N° 12305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 02 ago., 2010.
18. IBRACON, Instituto Brasileiro do Concreto. **Revista Concreto & Construções**. Ano XXXVII, N° 53, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acesso em: 13 março de 2017.



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

19. CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
20. LEITE, M. A. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre – RS, 2001. 270 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.