

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 e foram submetidos a períodos de cura de 7, 14 e 28 dias. Foram realizados ensaios de caracterização física e mecânicos, tais como resistência à compressão e diametral. A partir dos resultados, observou-se 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% apresentaram a maior resistência média em relação aos traços de 30%, 50% d0 convencional após 28 dias de cura. Assim, constata-se que o uso do RCD se torna viável, visto que sua utilização proporciona economia, evita a extração de recursos naturais e o descarte desses resíduos em locais inapropriados, promovendo sustentabilidade e uma boa relação entre a construção civil e o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: RCD, Resíduos sólidos, Construção civil, Meio ambiente, Concreto.

INTRODUÇÃO

E 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, sobrecarregando 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 instituiu 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 classes A, B, C e D, sendo a 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 deixá-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

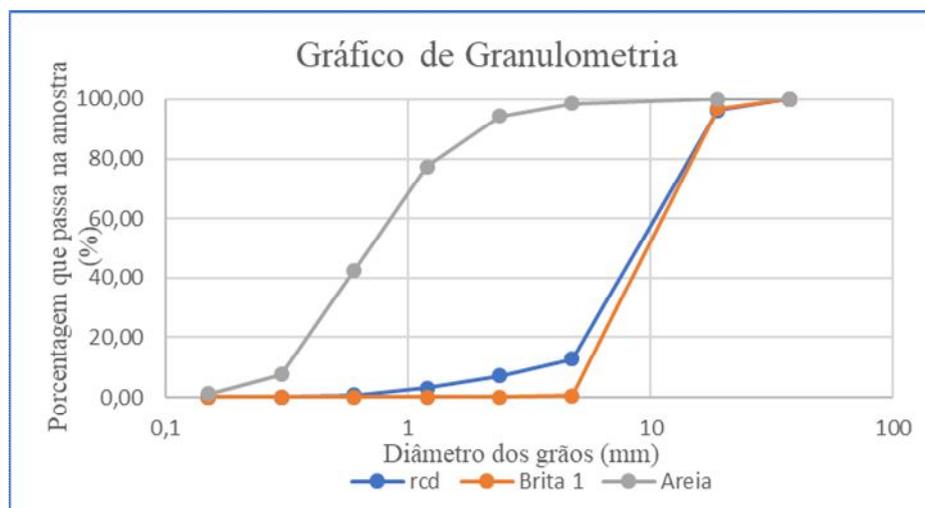


Figura 3. Gráfico granulométrico dos agregados graúdos e miúdos. Fonte: Autor do trabalho.

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, conseqüentemente 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

Para o cimento, obteve-se a finura pelo peneiramento realizado na peneira 0,075mm, com 2,7% de resultado, expresso pela quantidade retida de material na peneira em questão. Esse valor é menor que 12%, limite máximo imposto pela NBR 11579/2013, o qual proporciona uma melhoria das resistências, trabalhabilidade, impermeabilidade e coesão do concreto.

Os traços e suas proporções seguem dispostas abaixo na tabela 6.

Tabela 6. Dados correspondentes aos Traços. Fonte: Autor do trabalho.

Composição	Traço
RDC 15%	1: 2,28: 2,62: 0,53
RDC 30%	1: 2,28: 2,62: 0,56
RDC 50%	1: 2,28: 2,62: 0,60
Convencional	1: 2,28: 2,62: 0,49

Por meio da figura acima, nota-se que a relação água-cimento aumenta de acordo com o acréscimo de resíduo na composição do traço. Isso ocorre devido à elevada absorção de água do agregado reciclado. Na composição de 15% houve um acréscimo na proporção da água, aumentando 8,16% e ficando mais próximo em relação ao convencional. Já nas outras composições de 30% e 50%, os acréscimos foram de 14,28% e 22,44%, respectivamente, em relação ao convencional. Esse fator acarretou no aumento dos vazios no concreto, afetando diretamente suas propriedades mecânicas e, conseqüentemente, diminuindo sua resistência. Vale destacar que os traços especificados acima foram dimensionados com suas proporções em massa, de acordo com o método da ABCP.

O ensaio de abatimento de tronco de cone é realizado para verificar a consistência do traço, que está diretamente relacionada às suas próprias características, como a mobilidade do concreto e também a coesão entre seus componentes.

Tabela 7. Dados correspondentes ao ensaio de abatimento. Fonte: Autor do trabalho.

Traço	Slump Test (cm)
RCD 15%	7
RCD 30%	6
RCD 50%	5,5
Convencional	7

A partir das informações expostas na tabela 7, pode-se constatar que o traço de 15% apresentou o mesmo abatimento que o concreto convencional. Observa-se que o aumento do teor de resíduo de construção e demolição acompanha o aumento da porcentagem de água no traço, o que resulta no aumento da consistência do concreto, visto que o Slump reduziu. O traço foi calculado para um abatimento de 7 com margem de $\pm 1,5$ cm. Assim, todas as composições se apresentaram dentro da margem estipulada.

Com base nos resultados adquiridos no ensaio de compressão simples, verifica-se que, com 28 dias de cura, o concreto com adição de RCD em suas composições de 15% e 30%, atingiram os resultados esperados (acima de 20 MPa). Apenas o da composição de 50%, foi inferior (16,1 MPa), como mostrado na tabela 8. Cada uma das resistências médias abaixo corresponde à média obtida pela resistência de dois corpos de prova. Os dados referentes as resistências unitárias de cada corpo de prova ensaiado seguem também dispostas abaixo.

Tabela 8. Dados correspondentes a resistência média à Compressão Simples. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão Simples				
Dias de cura	RCD 15 % (MPa)	RCD 30% (MPa)	RCD 50% (MPa)	CONVENCIONAL
0	0	0	0	0
7	14,15	10,9	13,75	16,24
14	22,13	15,93	16,93	20,34
28	21,61	21,24	16,74	21,08

Tabela 9. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para as diferentes idades de cura. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD			
	7 dias	14 dias	28 dias
15%	14,15	22,13	21,61
30%	10,9	15,93	21,24
50%	13,75	16,93	16,74

Tabela 10. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para o traço de 15%. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD 15%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	14,95	21,22	21,66
CP 2 RCD	13,35	23,04	21,56
Média	14,15	22,13	21,61
Desvio Padrão	1,13	1,29	0,07

Tabela 11. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para o traço de 30%. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD 30%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	10,74	15,97	21,3
CP 2 RCD	11,06	15,89	21,18
Média	10,9	15,93	21,24
Desvio Padrão	0,23	0,06	0,08

Tabela 12. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para o traço de 50%. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD 50%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	14,15	17,92	18,44
CP 2 RCD	13,35	15,93	15,04
Média	13,75	16,93	16,74
Desvio Padrão	0,57	1,41	2,40

Ressalta-se o de composição 15%, visto que apresentou o melhor desempenho, superando o traço convencional após os 14 e 28 dias de cura, como se pode constatar na figura 4 abaixo.

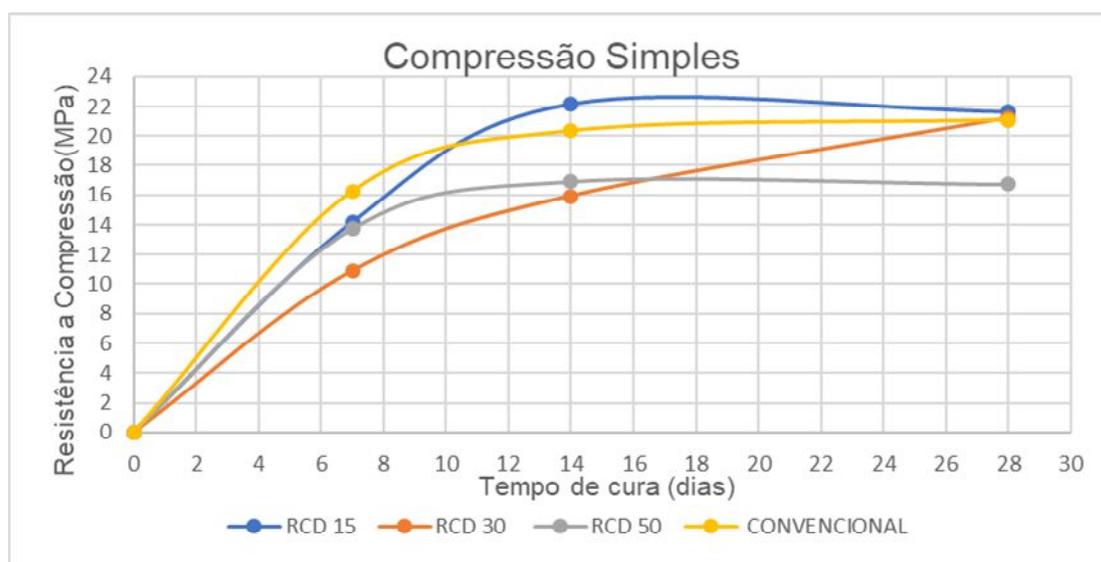


Figura 4: Resistência à Compressão Simples. Fonte: Autor do trabalho.

Neste contexto, podemos verificar que os RCD com composições de 15% e 30% atingiram resistências mínimas para um concreto de fins estruturais, como estipuladas pela Norma NBR 6118/2014. Assim, 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 sua substituição.

Com relação ao ensaio de compressão diametral, observou-se que o agregado de RCD proporcionou boas propriedades de resistência, mantendo resultados próximos aos do agregado convencional. Assim, cabe mencionar o traço de 15%, o qual obteve resistência à compressão diametral de 2,94 Mpa, muito próxima ao traço convencional, que foi de 3,04 Mpa (como mostrado na tabela 13 e na figura 5 abaixo). Cada uma das resistências médias abaixo corresponde à média obtida pela resistência de dois corpos de prova. Os dados referentes as resistências unitárias de cada corpo de prova ensaiado seguem também dispostas abaixo.

Tabela 13. Dados correspondentes a resistência média à Compressão diametral. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão Diametral				
Dias de cura	RCD 15% (MPa)	RCD 30% (MPa)	RCD 50% (MPa)	CONVENCIONAL
0	0	0	0	0
7	1,69	2,44	2,19	1,8
14	2,79	2,71	2,41	2,65
28	2,94	2,25	2,55	3,04

Tabela 14. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para as diferentes idades de cura. Fonte: Autor do trabalho.

Diametral – RCD			
	7 dias	14 dias	28 dias
15%	1,69	2,79	2,94
30%	2,44	2,71	2,25
50%	2,19	2,41	2,55

Tabela 15. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para o traço de 15%.

Fonte: Autor do trabalho.

Diametral - RCD 15%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	1,71	2,92	3,01
CP 2 RCD	1,67	2,66	2,86
Média	1,69	2,79	2,94
Desvio Padrão	0,03	0,18	0,11

Tabela 16. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para o traço de 30%.

Fonte: Autor do trabalho.

Diametral - RCD 30%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	2,66	2,85	2,01
CP 2 RCD	2,22	2,56	2,48
Média	2,44	2,71	2,25
Desvio Padrão	0,31	0,21	0,33

Tabela 17. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para o traço de 50%.

Fonte: Autor do trabalho.

Diametral - RCD 50%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	2	2,31	2,44
CP 2 RCD	2,38	2,51	2,65
Média	2,19	2,41	2,55
Desvio Padrão	0,27	0,14	0,15

A partir dos dados expostos na tabela acima, construiu-se o gráfico de compressão diametral como mostra a figura 5 abaixo.

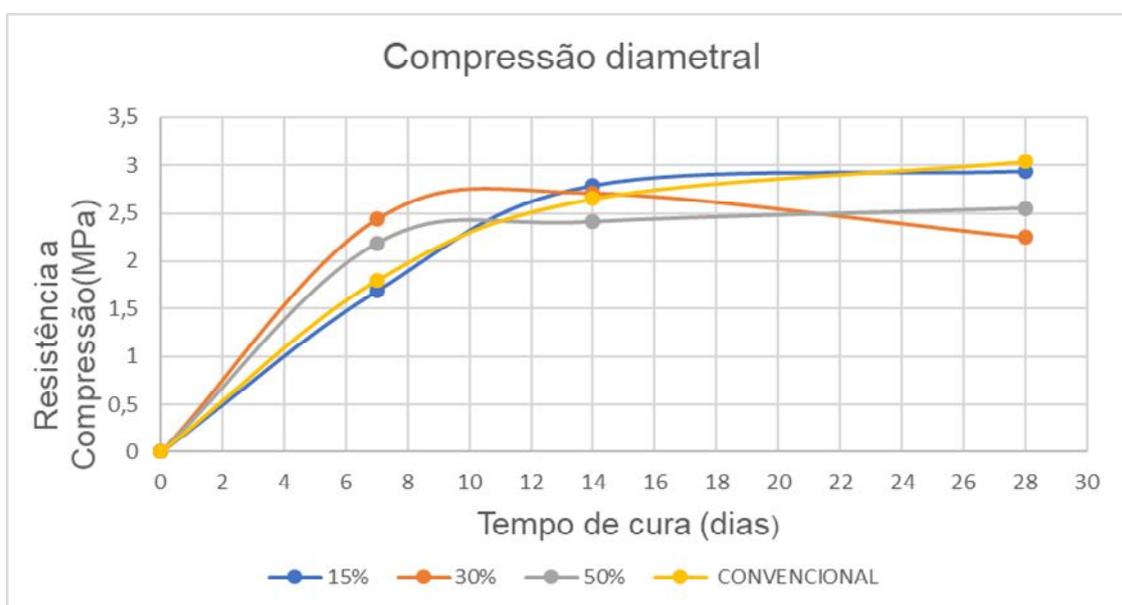


Figura 5: Resistência à Compressão diametral. Fonte: Autor do trabalho.

Percebe-se que, quando comparada à resistência à compressão simples, a resistência à compressão diametral 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, mostrando que o mesmo pode ser empregado na substituição do agregado graúdo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição parcial do agregado graúdo mostra-se como uma alternativa viável, visto que a inserção dos resíduos de demolição e construção apresentaram resultados satisfatórios, principalmente quando em substituição de 15% do agregado natural. Características, como a massa unitária e a absorção obtiveram em seus resultados certa discrepância quando comparados com o agregado convencional, consequência da maior porosidade e maior permeabilidade do RCD. Porém, sendo feita a dosagem do resíduo a partir da análise dos resultados obtidos, pode-se conseguir valores equivalentes de resistência.

Os valores de resistência à compressão foram satisfatórios, principalmente quanto à substituição de 15% e 30% que se equiparam ao valor da resistência do concreto convencional. Constatou-se também valores semelhantes de compressão diametral na substituição de 15% de RCD, devido à maior aderência física entre as partículas constituintes do RCD.

Observa-se que o RCD tem um alto teor de absorção, resultando na utilização de maior quantidade de água no traço do concreto, recurso indispensável para a sobrevivência humana e que já se torna de difícil acesso em algumas regiões do mundo. Esse percentual de aumento, contudo, torna-se compensatório quando comparado com os danos causados pela disposição incorreta desses resíduos.

Além da viabilidade mecânica e física da substituição do resíduo de demolição e construção, têm-se as melhorias ambientais, consequência da destinação desses resíduos a uma nova funcionalidade, acarretando na diminuição de entulhos decorrentes de materiais construtivos em aterros, além da diminuição da retirada de recursos naturais, amenizando a agressão ambiental da ação do homem no meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 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.
2. _____. 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.
3. _____. NBR 5738:2016. **Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, pag. 1-9, 2016.
4. _____. 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.
5. _____. 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.
6. 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.
7. _____. 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.

8. _____. 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.
9. 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.
10. 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.
11. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **RESOLUCAO Nº 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.
12. BRASIL. **Lei Nº 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.
13. IBRACON, Instituto Brasileiro do Concreto. **Revista Concreto & Construções**. Ano XXXVII, Nº 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.
14. 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.
15. 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.