

ESTUDO DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONCRETO COMO AGREGADO EM ARGAMASSAS: CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADE FÍSICAS

Leonardo BARGA¹
Elton Aparecido Prado dos REIS²

RESUMO: Os setores da construção civil gera uma quantidade significativa de resíduos que normalmente são encontrados nas diversas etapas de uma edificação seja na hora da confecção dos materiais, no preparo do terreno onde se tem a escavação e terraplenagem, como também em outras etapas da obra ou até mesmo em uma reforma por menor que seja, sendo assim, cada vez mais esses resíduos passam a ser vistos como uma alternativa para reuso e aplicação para fabricação de matérias-primas, como a argamassa reciclada, tijolos e concretos estruturais. Esses resíduos, também conhecidos como Resíduos da Construção e Demolição (RCD), tem sido utilizado, infelizmente, um grande volume gerado o que acarreta na sobrecarga de aterros sanitários e lixões. Sendo assim, em vista desta problemática e outras que a compõe, estudos foram realizados com foco nos resíduos de concreto, produzindo uma argamassa reciclada, no qual se utiliza o resíduo de concreto para compor a mistura, substituindo a areia em diferentes proporções, reduzindo o volume de RCD gerado e custos. Os resultados do trabalho puderam confirmar a viabilidade da aplicação de resíduo da construção em especial o concreto, na elaboração de argamassas recicladas.

Palavras-chave: Reciclagem. RCD. Concreto. Argamassa Reciclada.

1 INTRODUÇÃO

A disposição irregular dos RCD pode acarretar em grandes e sérios problemas à sociedade, não apenas em seus aspectos visuais como a poluição ou sobrecarga dos serviços de coleta de lixo, mas tendo em vista que quando um resíduo é disposto em um lugar inadequado, cada vez mais, com o passar do tempo, acaba elevando o custo para que se possa retirar, selecionar e recicla-los, mesmo

¹ Discente do 3º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. leonadobarga@gmail.com Bolsista do Programa de Iniciação Científica Toledo (PICT).

² Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais (POSMAT) da Universidade Estadual Paulista. elton.reis@toledoprudente.edu.br Orientador do trabalho.

porquê, provavelmente mais resíduos ou lixos serão depositados onde já se tem uma porção disposta, independentemente da quantidade.

Os resíduos da construção e demolição representam 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Uma estimativa aponta para um montante de 68,5 milhões de toneladas por ano, visto que 137 milhões de pessoas vivem no meio urbano. Praticamente todos os países no mundo investem num sistema formal de gerenciamento para produzir a deposição ilegal sistemática, que causa assoreamento de rios, entupimento de bueiros, degradação de áreas e esgotamento de áreas de aterros, além de altos custos socioeconômicos, especialmente em cidades de médio e grande porte (ÂNGULO, 2005).

O consumo de materiais pela construção civil nas cidades é pulverizado. Cerca de 75% dos resíduos gerados pela construção nos municípios provêm de eventos informais (obras de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis) (SINDUSCON-SP, 2005).

Para erradicar e minimizar a gestão inadequada, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/02, prevê um gerenciamento adequado aos municípios definindo uma política municipal para os RCD, tendo como objetivo a reciclagem dos resíduos, já que o mesmo representa a maior parte dos resíduos sólidos urbanos produzidos (CONAMA, 2002).

As deposições dos resíduos tendem a ser direcionadas para aterros legalizados, porém, sabemos que grande parte infelizmente são redirecionados a aterros clandestinos, estradas não pavimentadas, terrenos baldios. No entanto, a classificação de acordo com a Norma ABNT – NBR 10004/2004 classifica-os na classe II B – não perigosos e inertes. Portanto, com a presença de tintas, solventes, óleos, plásticos, asfaltos e madeira pode modificar a classificação do RCD para classe I – perigosos, ou classe II A – não perigosos e não inertes, tornando um problema ainda maior.

O mercado dos agregados naturais é vasto e mesmo que todo o RCD seja utilizado como agregado, a participação no mercado total não seria superior a 20%. Entretanto, este mercado está dividido em diversas aplicações: pavimentação, argamassas, concretos de diferentes resistências, etc. O uso de agregados para atividades de pavimentação não é suficiente para permitir a reciclagem completa dos

resíduos, sendo necessário à utilização em outras aplicações, em especial, argamassas e concretos, em função da grande demanda (ANGULO *et al.*, 2002).

O uso de agregados reciclados em concretos demanda uma grande confiabilidade nas características dos agregados. Certamente o desenvolvimento deste mercado vai requerer melhorias na gestão do processo de reciclagem, nas ferramentas de controle de qualidade e na tecnologia de beneficiamento (ANGULO *et al.*, 2002).

Entre os numerosos tipos de RCD, os resíduos de concreto se destacam, sendo sempre visíveis pelo grande volume que ocupa, necessitando assim como os demais resíduos de uma gestão especializada para seu depósito e reciclagem, o que não é uma prática comum, porém se torna viável quando o mesmo pode substituir porções da areia que até então seria utilizada na fabricação de argamassas, reduzindo então os impactos causados por ela, como o assoreamento dos rios por exemplo.

Segundo (ANGULO *et al.*, 2004) no Brasil, como não existe ainda preocupação com demolição seletiva e boa parte dos resíduos é gerada na fase de construção, o agregado reciclado produzido é normalmente misto, ou seja, uma mistura de concretos, cerâmicas, rochas naturais, entre outros sendo que cada uma destas fases possui características muito variáveis. Nas usinas de reciclagem de RCD classe A, a única triagem visual é classificar o RCD como cinza (predominantemente resíduos à base de cimento) e vermelho (predominantemente resíduos cerâmicos, solos etc). Logo os resíduos de concretos foram separados dos demais resíduos doados, buscando assim uma melhor homogeneidade do corpo de prova.

Desta forma, a abordagem do artigo é referente à disposição dos RCD, visando à diminuição dos impactos ambientais por estes provocados, apresenta resultados científicos e comprova a viabilidade das soluções para seu reaproveitamento.

Para a realização deste trabalho, foram realizados diversos estudos mediante as pesquisas bibliográficas e ensaios práticos no Laboratório de Materiais do Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo possibilitando a coleta de dados e obtenção dos resultados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção e Triagem Dos Materiais

Para a obtenção dos RCD e o cimento, houve a colaboração da 4F CONSTRUÇÕES, a qual doou os materiais em questão. A areia foi fornecida pelo Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo no qual também cederam parte da estrutura e equipamentos necessários para ensaios.

Os resíduos de concreto foram triturados e simultaneamente peneirados em uma peneira de 10 mm de abertura acoplado a um britador tipo impacto (*impact crusher*) de capacidade operacional máxima igual 5,0 toneladas/hora, pertencente ao laboratório de difração de raios-X da FCT-UNESP de Presidente Prudente - SP.

Figura 1: Britador Tipo Impacto (*Impact Crusher*)



Fonte: O autor.

Segundo (ÂNGULO, 2000), os britadores de impacto geram maiores quantidade de agregados miúdos, enquanto os outros apresentam menores quantidades desta granulometria, o que direcionou a utilizar o britador tipo impacto.

Em seguida, os resíduos foram novamente peneirados, desta vez utilizou-se uma peneira de crivo, a fim de se obter uma granulometria inferior a 4,75 mm, atendendo a norma NBR 7211:2005.

Figura 2: Resíduos Após Triturado e Peneirado



Fonte: O autor.

2.2 Fabricação Dos Corpos De Provas

Para a realização da mistura da argamassa, utilizou-se de uma forma prismática de argamassa assim demonstrada na Figura 3 de dimensões (4x4x16cm), no qual fora realizada de acordo com a ABNT NBR 13279-2005 possibilitando então a fabricação dos corpos de provas.

Figura 3: Forma para Fabricação dos Corpos de Provas de Argamassas



Fonte: O autor.

A preparação da argamassa foi realizada de maneira manual seguindo os métodos de preparação de acordo com a ABNT NBR 13279-2005.

Figura 4: Preparação da Argamassa



Fonte: O autor.

Os corpos de provas permaneceram imersos em uma solução saturada de hidróxido de cálcio até a cura total de 28 dias segundo a NBR 5738/2015.

Figura 5: Secagem dos Corpos de Provas



Fonte: O autor.

Após a cura total, os corpos são retirados da imersão e em seguida são submetidos aos ensaios.

Figura 6: Corpo de Prova Prismático Desmoldado Pronto Para os Ensaios



Fonte: O autor.

2.3 Ensaio de Densidade Aparente

O ensaio de densidade aparente utilizando o método da proveta consiste em pesar uma proveta graduada de 100mL em uma balança analítica tomando-se nota de sua massa com tara aproximada de 0,5 a 1 g, posteriormente é introduzido a proveta porções do resíduo já peneirado, cerca de 35mL por vez, abandonando-o, visando a auto compactação. Após este procedimento, bate-se a proveta em uma manta de borracha de 5 mm de espessura com queda de ± 10 cm de altura, repetindo-se a operação por mais duas vezes até que o nível da amostra fique nivelado com o traço do aferimento da proveta.

Figura 7: Pesagem para Realização do Ensaio



Fonte: O autor.

Por fim, após a pesagem da proveta com a amostra, foi calculado sua densidade aparente de acordo com a equação abaixo:

Figura 8: Equação para cálculo da Densidade Aparente

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Fonte: <www.ebah.com.br/content/ABAAAE9ScAE/relatorio-fisica-experimental-densidade-solidos>

Acesso em 28 de agosto de 2017.

Logo, temos que a densidade é a razão entre a massa e o volume da amostra.

2.4 Técnicas De Caracterização De Amostras

Para a caracterização das amostras, foram realizados ensaios de compressão axial e flexão de três pontos através de uma máquina universal de ensaios, modelo EMIC 23-100, eletromecânica, microprocessada, de marca INSTRON/EMIC pertencente ao laboratório de materiais da TOLEDO.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Densidade Aparente

Tendo em vista que, ao analisar a pesagem presente na Figura 7, podemos observar que a massa de resíduo é de 60g e o volume preenchido na proveta é de 43mL, então ao aplicar a formulação de densidade indicada na Figura 8, logo obtém a densidade do resíduo de concreto, que é de aproximadamente 1,3953 g/mL ou 1395kg/m³.

Quando comparado a densidade do resíduo de concreto com a do agregado miúdo (areia), 1500kg/m³, nota-se que há pouca diferença entre ambas, sendo assim para produção de artefatos, conclui-se que a massa apresenta um mesmo volume apresentará uma variação mínima, comprovando assim que a possibilidade de uso no resíduo diante de tal característica.

3.2 Flexão De Três Pontos

Para os ensaios de flexão de três pontos, retirou-se os corpos de prova após cura total de 28 dias e foram colocados sobre dois apoios, cujo espaçamento é de 100 mm, em seguida, devido a ação de um cutelo em seu centro, adicionou-se

uma carga de 50N a cada segundo. O ensaio foi realizado de acordo com norma ABNT NBR 13279-2005 como mostrado na Figura 9.

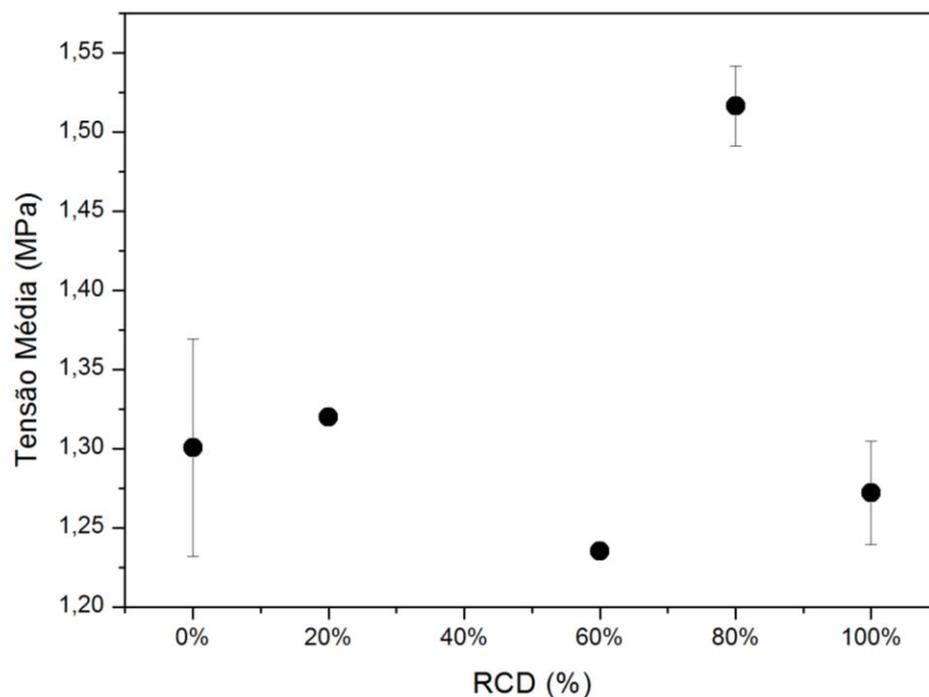
Figura 9: Ensaio Flexão de Três Pontos



Fonte: O autor.

Através deste ensaio pode-se avaliar as propriedades mecânicas de cada corpo de prova, permitindo analisar a influência do resíduo triturado e peneirado em relação as propriedades apresentadas pelo artefato produzido utilizando areia fina (material virgem). O ensaio foi executado em uma máquina universal de ensaios, pertencente ao laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo.

Figura 10: Resultado Dos Ensaio De Flexão De Três Pontos Com Argamassa Sem Resíduo (0%) Até Totalmente Feita Com Resíduo (100%).



Fonte: O autor.

Pelo meio da análise gráfica, é possível verificar os valores apresentados não apresentam variações que podem ser consideradas significativas para o tipo de material desenvolvido, fato esse que se deve possivelmente a boa interações entre os materiais.

3.3 Compressão Axial

O ensaio de compressão axial possibilitou avaliar as propriedades mecânicas do material, podendo então observar a variação de resistência com o aumento da substituição de RCD pela areia.

Para a realização do ensaio, utilizou-se da máquina universal de ensaios, pertencente ao Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo como mostrado na figura abaixo.

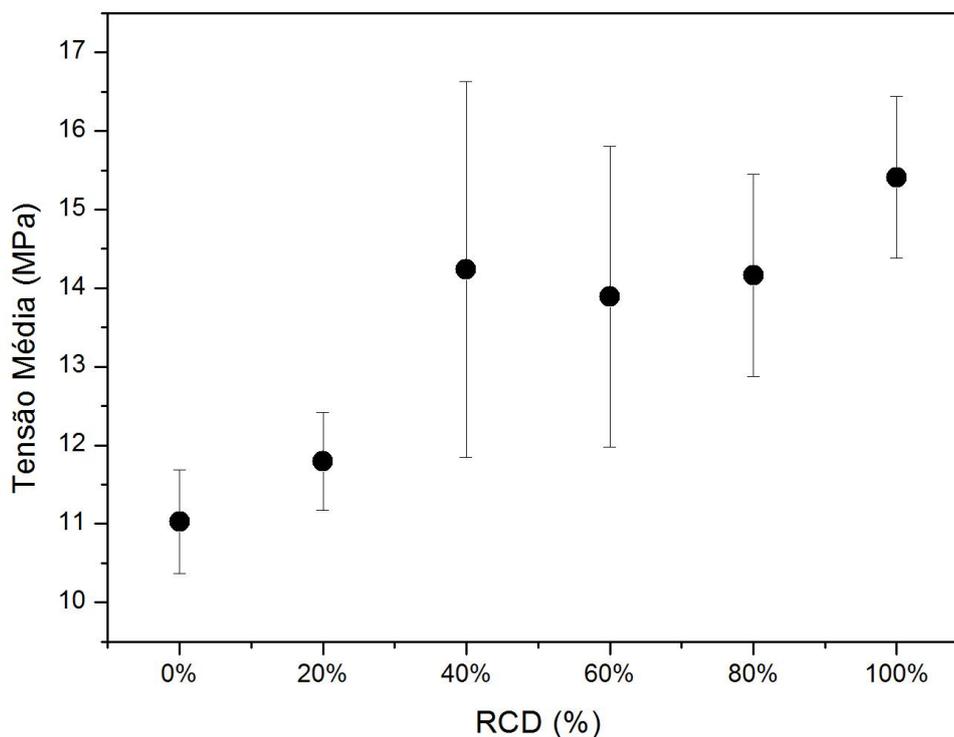
Figura 11: Ensaio de Compressão Axial



Fonte: O autor.

Seguindo a ABNT NBR 13279-2005, para a realização ensaio, ajustou-se o equipamento com uma carga de compressão de 500N/s até a ruptura.

Figura 12: Resultado Dos Ensaio De Compressão Axial Com Argamassa Sem Resíduo (0%) Até Totalmente Feita Com Resíduo (100%).



Fonte: O autor.

Através da análise do gráfico acima, é possível observar um pequeno aumento das propriedades mecânicas do material, possibilitando averiguar a influência do resíduo triturado e peneirado em relação as propriedades apresentadas pelo artefato produzido utilizando areia convencional para argamassa, confirmando então a possibilidade da utilização da argamassa com resíduo de concreto.

4 CONCLUSÃO

Em relação aos ensaios de compressão, foi possível verificar que o aumento da quantidade de resíduos na amostra, não acarreta em variações significativas quando se compara com as amostras sem resíduo (0,0% de RCD) e já com os resultados obtidos pelo ensaio de flexão de três pontos pode-se observar uma pequena diminuição dos valores de força máxima, não trazendo grandes preocupações.

Portanto, o resultado de ambos os ensaios leva a concluir que as partículas de resíduo de concreto triturado não demonstram boa adesão interfacial com o agente aglutinante, fazendo com que, quando solicitado por esforço cortante, o elemento se rompa sob um carregamento menor do que as amostras sem resíduo.

Com a metodologia utilizada e diante dos resultados obtidos pode-se concluir que os RCD possuem um grande potencial para serem reutilizados, substituindo parcialmente os agregados da argamassa, podendo ser utilizados em locais que não exigem grande resistência mecânica, como é o caso de contra pisos de residenciais e argamassa regularização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade De Agregados Graúdos De Resíduos De Construção E Demolição Reciclados**. 2000. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2000.

ANGULO, S. C. et al. **Caracterização De Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados Separados por Líquidos Densos**. I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável X Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído 18-21 julho 2004, São Paulo.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. 167p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANGULO, S.C. *et al* . V.M. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagemmassiva de RCD**. In: V Seminário de Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. IBRACON CT-206/IPEN. São Paulo. 2002. p. 293-308.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n º 307, de 05 de julho de 2002: **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: A experiência do SundusCon-Sp**. São Paulo, 2005, 48p.