

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

L.B.Palhares<sup>(1)</sup>; E.S.Fabri<sup>(1)</sup>; B.C.M. Baptista<sup>(1)</sup>, P. F. Tavares<sup>(1)</sup> R. V. Vieira<sup>(1)</sup>, V. A. Oliveira<sup>(2)</sup>; C.G. dos Santos<sup>(2)</sup>

(1) Centro Universitário Newton Paiva; (2) Universidade Federal de Ouro Preto

O crescimento populacional e o acelerado processo de urbanização das cidades têm contribuído para a geração de grandes volumes de resíduos de construção civil (RCC) que correspondem a aproximadamente 60% dos resíduos sólidos urbanos. Diante dessa constatação, faz-se necessária a reciclagem dos RCC's principalmente em cidades onde há indisponibilidade ou escassez de agregados naturais, o que implica em altos custos para sua aquisição. Com o intuito de se determinar o comportamento dos agregados reciclados de demolição e construção na produção de concretos, foi feito um planejamento experimental baseado na substituição dos agregados miúdos naturais pelos reciclados. Os concretos produzidos foram avaliados com relação a resistência à compressão e absorção de água, de acordo com as normas NBR5739 e NBR9778. Os resultados mostram que para a adição de até 10% de resíduo ocorre o aumento da resistência à compressão nos primeiros 7, 14 e 28 dias tornando viável a sua utilização.

Palavras- Chave: RCC, concreto, reciclagem, caracterização

### **INTRODUÇÃO**

A indústria da construção civil é um setor produtivo que possui considerável papel na economia do Brasil. No ano de 2001 o setor foi responsável por 15,6% do PIB, sendo que as edificações residenciais representavam um montante entre 6% e 9% do PIB nacional (NETO, 2005). Para alavancar tamanha grandiosidade, a indústria da construção civil é atualmente a maior consumidora de recursos naturais da sociedade e também a maior poluidora do meio ambiente. Embora os resíduos gerados possam ser reaproveitados no próprio processo de produção, muitas vezes isso não acontece e eles são descartados de forma inadequada.

Devido a problemas de fiscalização, os RCC são responsáveis por deposições clandestinas que geram impactos ambientais podendo trazer riscos à população como proliferação de doenças, assoreamento dos córregos e demais recursos hídricos e obstrução dos sistemas de drenagem com conseqüente aumento das enchentes nas estações chuvosas.

As vantagens decorrentes do processo de reutilização dos resíduos são bastante claras, principalmente nos dias atuais quando as legislações sobre as questões ambientais estão cada vez mais rigorosas e observa-se um aumento do nível de conscientização da população. Outro fato importante está relacionado à simples disposição dos resíduos em aterros sanitários, que vêm se tornando em alguns casos inviáveis devido ao esgotamento de tais aterros.

Além de todos os fatores citados acima, a reciclagem de resíduos é uma oportunidade de transformação de uma fonte de despesas em fonte de faturamento.

O presente trabalho consiste na avaliação da relação entre propriedades de interesse e parâmetros de mistura determinantes do desempenho dos blocos de concreto produzidos com resíduos de construção civil desenvolvendo concretos sem função estrutural. Os corpos de prova foram caracterizados em relação à resistência a compressão e absorção de água de acordo com as normas: NBR5739 e NBR9778.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **Resíduos de Construção Civil (RCC)**

Os blocos de concreto para alvenaria podem ser definidos, de uma forma geral, como elementos pré-moldados de concreto, a partir da mistura adequada entre agregados graúdos e miúdos, cimento e água. Atribui-se o surgimento destes elementos, nos Estados Unidos, por volta de 1882. Já nesta época, o mercado consumidor de blocos de concreto se mostrava extremamente promissor. Em todo o país, o processo de produção dos blocos de concreto foi ligeiramente disseminado, principalmente por apresentarem, enormes vantagens construtivas (MEDEIROS,

1993). No Brasil, existem registros da utilização de blocos de concreto por volta de 1940 (SOUSA, 2001).

A indústria da construção civil promove diferentes alterações ou impactos no meio ambiente, dentre os quais pode-se destacar a utilização de grandes quantidades de recursos naturais; poluição atmosférica; o consumo de energia e a geração de resíduos.

De acordo com John (2000), a indústria da construção civil consome entre 15% a 50% de todos os recursos extraídos da natureza, colocando esse setor como o maior consumidor individual de recursos naturais.

O consumo de agregados naturais varia de 1 a 8t/hab.ano, sendo no Brasil, 220 milhões de toneladas para a confecção de concreto e argamassa (GAEDE, 2008). Consome 66% da madeira produzida, sendo que a maioria dos produtos não provém de florestas ambientalmente manejadas (JOHN, 2000).

De acordo com Zordan (1997); Leite (2002); entre outros autores, o grande consumo de matérias-primas está diretamente ligado ao desperdício de material que ocorre nos empreendimentos, a vida útil das estruturas construídas e devido às obras de reparos e adaptações das edificações existentes.

Todas as etapas do processo construtivo, tais como: extração da matéria-prima, produção de materiais, construção, utilização e demolição, causam impactos ambientais que afetam direta ou indiretamente os seguintes aspectos: saúde, segurança e bem-estar da população, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, a qualidade dos recursos ambientais. Alguns fatores são agravantes ao processo construtivo, no que tange ao gerenciamento inadequado dos Resíduos de Construção Civil (RCC), entre eles, coleta inadequada, a inexistência de políticas públicas que disciplinem a destinação dos resíduos, um ineficaz gerenciamento ambiental e expressivo número de bota-foras clandestinos ou de depósitos irregulares. As figuras 1, 2 e 3 mostram a poluição causada pelos RCC's em diferentes situações.



Figura 1: Disposição inadequada de resíduos

Fonte: GAEDE, 2008

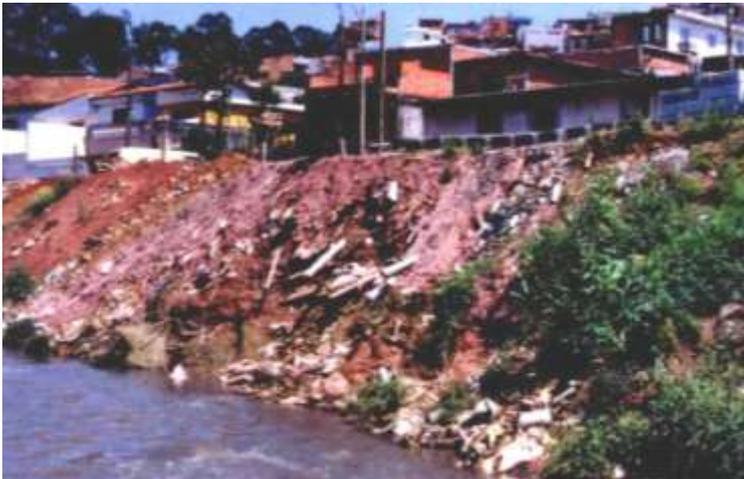


Figura 2: Lixo e resíduos de construção civil lançados na marginal do rio

Fonte: GAEDE, 2008



Figura 3: Transtorno gerado pelo resíduo de construção civil

Fonte: GAEDE, 2008

De maneira geral, a massa de RCC's é igual ou maior que a massa de resíduos sólidos domiciliar. Pinto, (1999) estimou que em algumas cidades brasileiras a geração dos RCC's está entre 41% a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos.

Segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução nº 307 de 05 de julho de 2002, RCC's são conceituados como: Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, concreto em geral, solos rochas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulho de obras, caliça ou metralha. Podem ser classificados como resíduo de Classe A e utilizados em concreto sem função estrutural quanto atendem a norma NBR 15116 (2004).

Um grande problema a ser enfrentado é a composição variável dos RCC's (figura 4), que dependem da região geográfica, da época do ano, do tipo de obra, dentre outros fatores. Quando oriundos de obras de construção, a composição é dependente do estágio da obra, uma vez que no estágio de concretagem da estrutura há uma maior incidência de fragmentos de concreto, aço, formas de madeira. Enquanto que no estágio de acabamento, há predominância de restos de

argamassa, tijolos, telhas e placas cerâmicas. Caso a obra seja uma reforma, haverá maior incidência de materiais cerâmicos, vidro, madeira, rochas naturais e plásticos (CABRAL, et. al., 2009).



Figura 4: Variabilidade de RCC

Fonte: GAEDE, 2008

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O resíduo utilizado foi proveniente da empresa JCZ Engenharia e Construções e gerado nas etapas de demolição de construções na cidade de Belo Horizonte.

As amostras dos resíduos passaram por processo de separação de materiais indesejáveis ao presente estudo, tais como: plástico, ferro, madeira e gesso. Após separação os resíduos foram beneficiados em um britador de mandíbulas e passados em uma peneira ABNT nº10 (2 mm).

O cimento utilizado foi o CP II E-32 Portland. Os agregados utilizados foram: a areia normal fornecida em embalagens de 25 kg, separadas em diferentes frações granulométricas (grossa #16, média-grossa #30, média-fina #50 e fina #100) e brita número zero.

A dosagem do concreto foi feita a partir dos dados obtidos através da caracterização dos materiais empregados, cimento, agregados e resíduos, enfocando aspectos como a qualidade e a composição granulométrica destes.

O estudo de dosagem partiu da definição de características que o concreto deve apresentar aos 28 dias, como resistência à compressão de 30 MPa e baixo valor de absorção de água.

Com o objetivo de avaliar a influência da substituição de parte dos agregados por resíduos reciclados, foram dosados concretos com e sem resíduos. O concreto sem resíduos foi tratado como concreto de referência, enquanto os demais foram especificados conforme as diferentes porcentagens de resíduos, sendo adotadas de 5%, 10% e 15% em relação à quantidade de agregados adotada no concreto de referência.

Foram moldados corpos-de-prova de forma cilíndrica de (10 x 20) cm visando sua homogeneidade através da mistura de seus constituintes, utilizando-se uma betoneira durante um período que variou dependendo da mistura.

A cura foi feita tomando-se medidas de precaução para evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto e que devia reagir com o cimento, hidratando-o. Os corpos de prova ficaram na câmara úmida desde a moldagem e após 24 h foram desmoldados e permaneceram na câmara até os ensaios de resistência à compressão após 7, 14 e 28 dias.

No estudo da utilização de resíduos reciclados como substituinte de parte dos agregados foi determinada a propriedade mecânica de resistência à compressão de acordo com NBR 5739 (ABNT, 1994) aos 7, 14, 28 e 60 dias de idade em uma máquina de ensaios de compressão uniaxial. A absorção do concreto foi avaliada através do método de ensaio normalizado por imersão, segundo a NBR9778 (ABNT, 1990).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A tabela abaixo mostra os valores de compressão obtidos para os corpos de prova produzidos.

Tabela I: Resultados de resistência à compressão para os corpos de prova sem e com adição de resíduos.

Corpos de prova	Resistência à compressão (MPa)		
	7 dias	14 dias	28 dias
Referência	15,8	22,5	28,34
5% de resíduo	21,4	20,5	21,96
10% de resíduo	18,3	22,4	34,67
15% de resíduo	15,5	16,7	26,22

A utilização do rejeito de construção civil não prejudicou as propriedades finais das peças a ponto de inviabilizar seu uso, pelo contrário, em adições de 10% observa-se um aumento dessa resistência. Sugere-se que o resíduo fino atuou como *filler* preenchendo os poros vazios e aumentando assim a resistência. Espera-se que após um maior tempo de cura os corpos de prova apresentem aumento da resistência mecânica devido à presença de materiais cerâmicos no resíduo, que podem atuar como pozolanos aumentando ainda mais a resistência.

A absorção de água variou em função da porcentagem de resíduo adicionada. Obtendo-se valores dentro da norma para os corpos de prova com até 10% de resíduo.

Diversos autores têm obtido resultados semelhantes e vêm estimulando o desenvolvimento da utilização dos resíduos de entulho de construção civil. Levy (1997), em seus estudos avaliou o desempenho de revestimentos a base de cimento, entulhos de construção civil finamente moído e areia média. Levy & Helene (2000) apresentaram estudos sobre a durabilidade de concretos produzidos com resíduos minerais. Leal, et. al. (2006) desenvolveram em seu trabalho argamassas convencionais e alternativas incorporadas com resíduos visando avaliar a atividade pozolânica. Em todos esses trabalhos foi observado que a presença dos reciclados na mistura resultou em aumento na resistência à compressão.

Observa-se que a quantidade de água requerida para se manter a consistência dos concretos cresce proporcionalmente com o aumento do teor de material

reciclado, fato explicado em função do elevado percentual de finos presentes na composição.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados foram favoráveis ao uso do entulho em porcentagens de até 10%, mas é importante ressaltar a heterogeneidade do mesmo como um para sua utilização devendo os concretos obtidos serem utilizados para funções não estruturais.

Vale ressaltar que a utilização dos resíduos de construção visa à reutilização para diminuir os impactos ambientais e o consumo de recursos naturais e não só a melhora das propriedades do concreto ou argamassas, que podem ter outras aplicações que não a estrutural.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Requisitos – NBR 15116.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. NBR 9778.** Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. . NBR 5738.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 5739.** Rio de Janeiro, 1994.

CABRAL, A.E.V., et. al. **Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha.** Cerâmica, vol. 55, pag. 448-460, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA 307 de 05 de julho de 2002: dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: [http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf). Acesso em: 30 jan. 2013.

GAEDE, L. P. F. **Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Município de Vitória/ES e Normas Existentes**. 2008. 74p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113p. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEAL, A.F. et.al., **Avaliação da atividade pozolânica de resíduos da construção civil**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, Rio Grande do Sul, Anais, pag. 1902-1912, 2006.

LEITE, M. B., MOLIN, D. D. **Avaliação da Atividade Pozolânica do Material Cerâmico Presente no Agregado Reciclado de Resíduo de C & D**. Sitientibus, Feira de Santana, n26, p. 111-130, 2002.

LEVY, S.M.; HELENE, P. **Durabilidade de concretos produzidos com resíduos minerais de construção civil práticas recomendadas**. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Práticas Recomendadas, 2., São Paulo, 2000. **Anais**. São Paulo, IBRACON, 2000. p.3-14.

LEVY, S.M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização como agregados para argamassas e concretos**. 1997. 147p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997

MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. 449p. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993

NETO, J.C.M. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**. 1ª Ed. São Carlos, SP, 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189p. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SOUSA, J. G. G. **Contribuição Ao Estudo Da Relação Entre Propriedades E Proporcionamento De Blocos De Concreto – Aplicação Ao Uso De Entulho Como Agregado Reciclado**. 2001. 120p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2001.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto**. 1997. 140p. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997.

## **ABSTRACT**

### **CONCRETE PERFORMANCE ASSESSMENT WITH RECYCLED AGGREGATES SOLID WASTE OF CONSTRUCTION**

Population growth and rapid urbanization of cities have contributed to generation of large volumes of construction waste, which represent approximately 60% of total municipal solid waste. Thus, it is necessary to recycle the residues, mostly in cities where the availability of natural aggregates is not large, which implies high costs for their acquisition. In order to evaluate the behavior of recycled aggregates from construction and demolition in the production of concrete, an experimental program was developed based on the substitution of natural aggregates by recycled. The concretes were evaluated by compressive strength and water absorption according to NBR5739 and NBR9778. The results show that addition of residues up to 10% is increased compressive strength at 7, 14 and 28 days became achievable their use.