

## UTILIZAÇÃO DO ENTULHO COMO AGREGADO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETO RECICLADO

Carlos Rodrigo de Oliveira Silva<sup>1</sup>

Felipe Oliveira Vilela<sup>2</sup>

### Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo que demonstre a viabilidade do uso do entulho para a produção de concreto reciclado. Pretende-se pesquisar as vantagens econômicas e ambientais de seu uso. Assim, buscamos saber se o concreto reciclado, feito a partir de entulho de construção tem maior viabilidade econômica e questionar se está mais alinhado a uma política ambiental sustentável. Para tal, buscar-se-á um referencial teórico, por meio de uma pesquisa bibliográfica em publicações de autores da área tais como Silva (2004), Ceotto (1995), Souza (2005), em NBRs, entre outros. Ressalta-se a importância de um estudo que leve em conta, além do custo-benefício, a questão ambiental, tão latente em dias atuais.

**Palavras-chave:** Entulho de Construção. Concreto Reciclado. Custo-Benefício. Sustentabilidade.

## USING THE RUBBLE AS ADDED TO THE PRODUCTION OF RECYCLED CONCRETE

### Abstract

The present work has the objective of presenting a study that demonstrates the feasibility of the use of the rubble for the production of recycled concrete. It is intended to investigate the economic and environmental advantages of its use. Thus, we seek to know if the recycled concrete, made from construction rubble has greater economic viability and to question if it is more aligned to a sustainable environmental policy. For this, a theoretical reference will be sought, through a bibliographical research In publications of authors such as Silva (2004), Ceotto (1995), Souza (2005), and in NBRs, among others. The importance of a study that takes into account, besides the cost-benefit, the environmental question, so latent in present days, is emphasized.

**Keywords:** Construction Rubble. Recycled Concrete. Cost-Effective. Sustainability.

---

<sup>1</sup>Engenheiro Civil pelo UGB/FERP.

<sup>2</sup>Engenheiro Civil e Docente no UGB/FERP.

## Introdução

A globalização, alinhada à economia mundial, em processo de desenvolvimento têm criado novos conceitos no que diz respeito ao consumo e qualidade dos produtos. Hoje, há um viés de que o produto precisa ser de boa qualidade, já que o consumidor, uma vez que paga por ele, encontra-se no direito de manifestar seu anseio por um produto de excelência. Além disso, os produtores passam a encontrar na qualidade uma saída para driblar a concorrência, já que o mercado está cada vez mais "estrito" em todas as áreas. Nesse contexto, e alinhada às questões ambientais, cada vez mais destacadas no mundo, a indústria da construção civil passa a dar importância às questões relacionadas à qualidade, reanalisando e modificando suas tecnologias e seus métodos de produção e gerenciamento. Assim, algumas empresas que se posicionaram em busca da conquista de qualidade, começam a apresentar resultados de sucesso, como o aumento da produtividade e a redução do desperdício. Além da questão de sustentabilidade ambiental, há uma questão relacionada ao gerenciamento de custos e diminuição de desperdícios. Dessa forma, as construtoras estão aliando às novas formas de economizar, preconizadas pelos métodos de qualidade, a reciclagem do resíduo que ainda é produzido (ZORDAN, 1997).

Segundo Souza (2005), sempre foi prática comum, dar ao entulho o mesmo destino do lixo. Assim, recorria-se às transportadoras de resíduos que acabavam jogando o material em locais nem sempre permitidos, causando consequências facilmente constatadas a degradação de áreas urbanas: rios e córregos assoreados, bueiros e galerias entupidos, gerando enchentes em vias marginais que comprometem a qualidade de vida da sociedade. Como dito anteriormente, hoje há um crescimento benéfico das alternativas sustentáveis, alinhadas a uma política ambiental consciente, que leva as empresas e também a administração pública, a reavaliarem suas práticas.

O setor de Construção Civil, sempre teve ligação às questões relacionadas a perdas e desperdícios. É fato que o tema não vinha sendo prioridade para o setor até bem pouco tempo atrás e, ainda hoje, apresenta números preocupantes em relação a perdas e desperdícios. Nesse contexto, o gerenciamento dos resíduos civis é um tema importante a ser tratado em nosso país, onde a reciclagem de

entulho tem se mostrado uma solução benéfica e que contribui diretamente para a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida nas cidades. A reciclagem, traz para o mercado um novo material, produzido sustentavelmente por retirar os entulhos do ambiente e, além disso, economicamente viável, pois diminui os gastos na produção (FORMOSO, 1993).

Este trabalho busca, por meio de pesquisa bibliográfica em artigos, teses e demais publicações da área, analisar como se dá o processo de reciclagem de entulho à produção de concreto para a construção civil comprovar sua viabilidade econômica e qualidade.

### **Alguns Aspectos Relacionados à Construção Civil: Perdas e Desperdícios**

Muitos pesquisadores têm se devotado ao tema de perdas e desperdícios na construção civil, nos últimos anos. Ocorre que, segundo Silva (2004), as perdas na construção civil não são facilmente identificáveis em comparação a outros setores. Assim, o autor relata a existência no sentido de se chegar a números que venham a servir como parâmetros para o setor. Silva (2004) relata que houve, a partir da década de 80, uma maior preocupação com relação ao assunto, dando origem a pesquisas e reportagens. Nesse contexto, chegou-se a um índice, apontado pelos estudos da época, de 30% de perdas na construção civil. Este número manteve-se, por muito tempo como referencial negativo no setor. Deste momento para o atual, pouco mudou em relação ao índice, porém, alguns estudos abordam a dificuldade em apontar um número que determine com precisão as perdas e desperdícios da construção civil.

Uma vez que há uma dificuldade em conceituar as perdas em construção civil, Souza (2005) recomenda a seguinte definição: “Perda é toda quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada no projeto e seus memoriais, ou demais prescrições do executor, para o produto sendo executado.”

De acordo com CEOTTO (1995), existem três tipos de referenciais que podem ser utilizados para o cálculo de perdas na construção civil. O primeiro é a média do setor, o segundo, o projeto, e o terceiro, o consumo ideal. Ou seja, quando tomar-se

por referencial a média do setor, uma empresa que consumir menos insumos que a média, teoricamente não terá desperdícios. Já no caso de o referencial ser o projeto, o consumo acima do previsto no orçamento, será considerado desperdício. Neste caso, aparenta-se ter uma posição coerente, porém, no caso de projetos mal dimensionados, as perdas já estariam embutidas no mesmo. A terceira opção, segundo o autor citado, tem por base a adoção de um determinado padrão de consumo mercadológico, para uma tecnologia de construção determinada, o que é chamado de consumo ideal. Há uma dificuldade nesta alternativa advinda do fato de que caso haja mudança na tecnologia, deverá, automaticamente, haver mudança no padrão ideal. Assim, ao analisar as três opções, a alternativa do projeto desponta como possibilidade mais alinhada às necessidades de trabalho na construção civil, uma vez que se tenha um projeto bem elaborado.

Segundo MESSEGUER (1991), o desperdício advém, ou se origina, de todas as etapas do processo de construção civil, que são: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução e uso e manutenção. Ainda com relação aos desperdícios e perdas, Espinelli (2005) traz a seguinte Tabela, que relata as taxas de desperdício de materiais de construção no Brasil:

Tabela 1. Taxas de desperdício de materiais de construção no Brasil

Material	Taxas de desperdício (%)		
	Média	Mínima	Máxima
Concreto usinado	9	2	23
Aço	11	4	16
Blocos e tijolos	13	3	48
Placas cerâmicas	14	2	50
Revestimento têxtil	14	14	14
Eletrodutos	15	13	18
Tubos	15	13	18
Tintas	17	8	56
Fios	27	14	35
Gesso	30	14	120

Fonte: Espinelli, 2005

Percebe-se que o desperdício é uma realidade na construção civil e que causa prejuízos de diversas maneiras: ambiental, econômico e de saúde. Assim, é muito importante que esse desperdício seja minimizado e repensado, por meio de atitudes que diminuam as perdas, como por exemplo, a reciclagem.

### *Classificação das Perdas*

Souza (2005), relata que, com relação ao controle, as perdas são classificadas em evitáveis e inevitáveis. Às primeiras, dá-se o nome de desperdício e podem ser consideradas como decorrência da baixa qualidade no processo e do emprego inadequado de recursos. Já a parcela inevitável, corresponde a um nível aceitável de perdas. Claro que deve haver variantes entre o que se considera desperdício e nível aceitável de perdas, de empresa para empresa, dependendo de seu nível de tecnologia e padrão de execução de serviços, conforme apontam Sena et. al. (2010), ao relatar que não há, para cada material, um percentual único de perdas a ser julgado como inevitável para o setor.

Formoso et. al. (1997) apontam nove categorias de perdas segundo a natureza, as quais estão descritas a seguir.

a) Perdas por superprodução: refere-se às perdas decorrentes da produção em quantidades superiores às necessárias, como por exemplo: produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho;

b) Perdas por substituição: utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao estipulado;

c) Perdas por espera: Tem relação com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e às atividades dos trabalhadores. Tanto com relação à mão de obra quanto aos equipamentos;

d) Perdas por transporte: estão associadas ao manuseio inadequado dos materiais e componentes;

e) Perdas no processamento em si: têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos. Ocorrem devido à falta de treinamento da mão de obra ou de problemas no detalhamento dos projetos;

f) Perdas nos estoques: estão associadas à existência de estoques excessivos, por causa de problemas no cronograma de na entrega dos materiais ou de erros de quantidade e orçamento, ou ainda na má alocação dos mesmos;

g) Perdas no movimento: A realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades geram perdas. Isso ocorre devido ao locus de trabalho afastado e de difícil acesso, problemas no layout do canteiro e equipamentos inadequados;

h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: Quando os produtos fabricados não atendem às especificações de qualidade. Ocorrem devido à ausência de integração entre o projeto e a execução, pelo uso de materiais defeituosos, por deficiências de planejamento, processo de produção, e falta de treinamento dos operários;

i) Outras: Perdas ocasionadas por roubo, vandalismo, acidentes, etc.

## **Os Resíduos da Construção Civil**

A denominação de resíduos sólidos dada pela ABNT através da NBR 10.004 (2004) estabelece que:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (NBR 10.004/04, p. 7)

### *Classificação de Resíduos*

A classificação de resíduos sólidos estabelecida na ABNT NBR 10.004/04 visa dar subsídios para um melhor gerenciamento de resíduos e envolve a identificação do processo ou atividade que lhe deu origem, dos seus constituintes e características, a fim de identificar o grau de impacto causado por esses constituintes e substâncias a saúde e ao meio ambiente.

Os resíduos sólidos são classificados em dois grupos, os Resíduos Perigosos Classe I presentes nos anexos A, B, C, D, E e F da NBR e que devem ser identificados quanto as suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Os Resíduos Não Perigosos Classe II são subdivididos em dois grupos: os resíduos Classe II A não inertes, que apresentam características de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água, e os resíduos Classe II B inertes, que constam no anexo G da NBR e não apresentam alterações de solubilidade de seus constituintes em contato com água.

### *Resíduos Perigosos Classe I*

São enquadrados como perigosos, os resíduos que apresentam características em função das suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que possam vir a causar riscos à saúde pública e ao meio ambiente. (NBR 10004)

A classificação dos resíduos perigosos é determinada conforme suas características de inflamabilidade (código do resíduo D001), corrosividade (código do resíduo D002), reatividade (código do resíduo D003), toxicidade (código do resíduo D004), patogenicidade (código do resíduo D005), esta, fundamentada a partir de uma amostra representativa do resíduo obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentando uma das características exposto na NBR 10004.

### *Resíduos Não Perigosos Classe II*

A classificação dos resíduos Não Perigosos Classe II é subdividida em dois grupos, os resíduos classe II A – Não Inertes e os resíduos classe II B – Inertes. O código de alguns resíduos classe II se encontra no Anexo H da NBR 10004.

Dos resíduos classe II A – Não Inertes, a classificação é dada a partir de todo resíduo que não se enquadrar como perigosos, classe I e não perigosos classe II B – Inertes, e este apresentar características de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água.

Os resíduos classe II B – Inertes, são caracterizados quando exposto de forma representativa conforme ABNT NBR 10007 e sujeito ao contato, seja ele

dinâmico ou estático com água, à temperatura ambiente, segundo ABNT NBR 10006, não apresentarem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água definidos no Anexo G da NBR 10004.

### *Resíduos de Construção Civil*

A fim de atender os critérios dispostos na Resolução CONAMA 307 de 2002, ficam definidos como resíduos gerados nas atividades de Construção Civil: os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, colas, tintas, madeiras, telhas, pavimentos asfáltico, vidro, plástico, fiação elétrica etc. (CONAMA 307/03, p. 1)

Considerando que os geradores de resíduos de atividades ou empreendimentos de construção civil, sejam eles físicos ou jurídicos, públicos ou privados devem ter como objetivo o exposto no Art. 4º da Resolução CONAMA 448/12 (NR), que prioriza a não geração de resíduos e secundariamente a redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Percebe-se, mais uma vez, a urgência, por meio da resolução do CONAMA, de um projeto que leve em consideração a redução dos resíduos e sua reciclagem. Portanto, há que se estudar e viabilizar maneiras para que isso aconteça em nosso país, como já vem acontecendo em maior escala no resto do mundo.

### *A geração de Resíduos em Números*

Os números a respeito da geração de resíduos da construção civil estão relacionados à diversos fatores, dentre eles, o emprego de diferentes metodologias/métodos de levantamento dos mesmos, ou seja, há uma falta de padronização nos levantamentos. De acordo com PINTO (1995), para cada metro quadrado construído, há uma geração de cerca de 150Kg de resíduos. Este valor foi



denominado de “taxa de geração de resíduos de construção”. Já AGOPYAN (1998), determinaram que a geração do entulho de obras de construção é de aproximadamente 50Kg/m<sup>2</sup>. Contudo, há uma diferença no estudo de PINTO, pois o valor encontrado refere-se a construções, demolições e reformas, tanto de construções formais quanto das informais. Já no estudo de AGOPYAN et al., o número refere-se somente ao entulho gerado em decorrência da construção de edifícios.

De acordo com JOHN (1996), a geração de resíduos sólidos provenientes da construção civil, pode ser até duas vezes maior que o volume de lixo urbano gerado. O autor relata, ainda, que o setor consome cerca de 210 milhões de toneladas/ano de agregados naturais, somente para a produção de concretos e argamassas.

Segundo Silva (2004), o impacto causado pela geração de RCDs vem desde a poluição ambiental até a proliferação de doenças. A deposição irregular desses materiais causa transtornos dos mais diversos, como obstrução de calçadas e vias de rolamento, obstrução de córregos e canais, prejudicando os sistemas de drenagem e facilitando o surgimento de enchentes.

## **A Reciclagem de Resíduos**

Segundo Silva (2004), a reciclagem é uma solução adequada para combater os problemas causados pela geração de resíduos. No Brasil, essa é uma prática ainda recente e em municípios. O autor relata que o processo de reciclagem de resíduos envolve todo um processo de beneficiamento e análise de viabilidade de projeto, incluindo a forma de coleta desses resíduos (captação), o transporte e a estocagem dos mesmos. Assim, deve ser feito um estudo criterioso dos possíveis pontos de coleta na região onde for implantado o sistema, a forma como o material será transportado até o local de estocagem e, finalmente, definir uma região apropriada para a implantação da usina de reciclagem.

A implantação da usina em um local adequado é fundamental para o sucesso do programa. As usinas devem ficar o mais próximo possível das fontes geradoras e dos locais de uso, no contexto urbano (LIMA, 1999).

Para se obter um material de melhor qualidade por meio da reciclagem, é ideal começar um processo seletivo do resíduo dentro do próprio canteiro de obra, separando o material a ser aproveitado do material descartável. Além disso, há também o do chamado “desmantelamento seletivo”, que substitui o processo de demolição tradicional, no qual não existe uma preocupação em separar o material possível de ser reciclado, do material descartável. No processo de desmantelamento, os materiais a serem reciclados são retirados em etapas definidas de acordo com o tamanho, o processo construtivo e o tipo de material (SILVA, 2004).

De acordo com Zordan (1997), a reciclagem começa a ser implementada no Brasil, por meio de algumas prefeituras com a instalação de usinas de reciclagem. Porém, Nos EUA, e em alguns países europeus a reciclagem de resíduos da construção civil é uma realidade há tempos, devido a uma política de controle e fiscalização rígida para a disposição de resíduos.

### *Agregado Reciclado*

Segundo a resolução CONAMA 307 de 2002,

Agregado reciclado é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia; (...) Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que seja utilizados como matéria-prima ou produto. (CONAMA, 2002)

### *Aplicação do Agregado Reciclado*

Segundo Souza et. al (2013), muitas pesquisas buscam esclarecer como se dá a utilização dos agregados reciclados como material de bem como a composição dos agregados podem ser incluídos. Mehta (1994) relata o caso das grandes rodovias americanas, onde houve um uso pioneiro de agregado reciclado de origem da própria seção da pista.

No caso de argamassas Levy (1997) cita que se deve haver um tratamento adequado dos agregados para que não ocorram características indesejáveis no produto final, que podem acontecer, caso o agregado reciclado não tenha propriedades adequadas à mistura.

A confecção de blocos com agregado reciclado deve levar em consideração características como a taxa de resistência à compressão, quando os blocos são introduzidos como material de pavimentação, assim como analisar as taxas de absorção de água e abrasão. Na utilização dos blocos como vedação, os principais dados que serão avaliados devem ser tanto a compressão, além da absorção de água, sendo importante mensurar ambas as taxas (HOOD, 2006).

## **Propriedades dos Agregados Reciclados**

### *Massa Específica*

A massa específica de um agregado depende da porosidade. Em estudos na usina de Santo André, SP, Ângulo (2000) observou que os agregados que apresentam alta taxa de absorção de água, são os mesmos que tendem a apresentar massa específica com valores menores. Porém, a massa específica com valores menores que os naturais não inviabiliza o uso desses agregados de maneira satisfatória na confecção do concreto, o que difere, segundo Cabral (2007) é que as peças terão peso próprio bastante inferior quando comparado com agregados naturais, outra característica bastante relevante seria a esbeltes de peças com seções bastante reduzidas, no qual pode significar uma considerável redução econômica do empreendimento.

### *Trabalhabilidade*

Segundo Cabral (2007), a trabalhabilidade dos agregados reciclados apresenta resultados menores em relação aos naturais. Isso se dá pelo fato de que

os agregados reciclados são considerados mais secos que os normais, ocasionando uma maior absorção de água do que o normal, o que faz com que o resultado final apresente um material com uma mistura mais seca, já que os agregados retiram a água do processo que seria usado no cimento, provocando uma menor trabalhabilidade do conjunto. Além disso, a britagem do processo pode causar uma formação de agregados com extremidades angulares, fator que não é característico em materiais naturais que são arredondados e com uma superfície lisa.

### *Resistências à Compressão*

Segundo Hansen (1992), em testes realizados com a substituição de agregado natural por reciclado alcançaram resultados excelentes, com uma melhoria de 33% na resistência do concreto quando submetido em que pode-se considerar que o concreto com agregados reciclados, quando submetido à forças de compressão.

Para Carrijo (2005) em que os resultados de resistência à compressão podem ser definidos de acordo com a aplicação e medição de forças e os dados referentes ao desempenho do concreto, alinhados a uma avaliação do comportamento do concreto quando submetido a aplicação das forças. Assim, ao se identificar artefatos de concreto que rompem e conseqüentemente se desagregam após a ruptura do corpo de prova, pode se dizer que os mesmos têm valores inferiores aos do que é estabelecido para o concreto propriamente dito com agregados naturais.

### *Resistências à Abrasão*

Quando se cita a abrasão dos materiais, tem-se como parâmetro a capacidade do agregado de fragmentação ou não quando colocado em contato com outro material (CARRIJO, 2005).

Leite (2001) considera que os agregados reciclados apresentam uma resistência ao contato e impacto menor, gerando um maior desgaste por abrasão quando comparado aos naturais. Na mesma linha de pensamento, Tenório (2007)

relata estudo em que a perda do agregado reciclado pela abrasão foi maior em uma diferença de 3 vezes, quando equiparado com agregados naturais, sendo que os resultados independiam da granulometria dos materiais.

## **Pesquisas com Agregados Reciclados**

Para ter-se um parâmetro de viabilidade do uso de agregados no concreto, há de se saber como se deram as experiências relacionadas a isso em diferentes contextos. Portanto, apresenta-se alguns estudos nesse sentido:

Em estudo realizado, Yannas (1977) comparou as propriedades mecânicas do concreto convencional e de outro contendo pedaços de concreto reciclado (usado como agregado graúdo).

O concreto feito com agregado graúdo reciclado e areia normal, foi preparado no traço 1:2:3 (cimento: areia: entulho, em peso), com relações água cimento de 0,5, 0,65 e 0,75 (todas em peso). A resistência à compressão do novo concreto ficou em torno de 4 a 14% menor que a do concreto convencional, sem relação com os traços utilizados. O efeito da substituição foi mais pronunciada no módulo de elasticidade, onde o concreto com agregado reciclado apresentou valores até 40% inferiores aos do concreto convencional.

Os concretos elaborados a partir de material reciclado foram confeccionados dos seguintes modos:

- a) utilizando apenas a brita do concreto reciclado;
- b) utilizando apenas a argamassa do concreto reciclado, e
- c) utilizando tanto a brita como a argamassa.

O estudo apontou que a argamassa do concreto antigo (reciclado) é, na maioria das vezes, a parte mais vulnerável no produto, o que pode causar sua ruptura. Dessa forma, pode-se supor que, quanto mais resistente for o concreto original (concreto reciclado utilizado como agregado), melhor será o comportamento como agregado reciclado, uma vez que a matriz (pasta de cimento) será mais resistente.

HANSEN e NARUD (1983) estudaram a resistência à compressão de concretos feitos de agregados graúdos reciclados, em função da resistência à

compressão do concreto original do qual os agregados foram originados. Os concretos originais possuíam 3 (três) padrões de resistências: alta (H), média (M) e baixa (L). Os concretos foram testados, moídos e separados em proporções granulométricas que se aproximassem da brita convencional. Depois, foram utilizados como agregado graúdo na confecção de novos concretos de alta, média e baixa resistência. Foram mantidos os consumos de materiais e as relações água/cimento utilizadas no concreto original. Com o resultado, em todos os concretos nos quais os consumos de materiais foram mantidos, a resistência foi mais alta do que quando se utilizou o concreto reciclado como agregado, ou seja, o comportamento neste item analisado, foi melhor que o do agregado graúdo convencional.

Concluiu-se, ainda, que a resistência à compressão do concreto reciclado é amplamente controlada pela relação água/cimento do concreto original quando os outros fatores são constantes. Desta forma, se a relação água/cimento do concreto original for a mesma ou maior que a do concreto reciclado, então as novas resistências serão tão boas ou melhores que as do concreto original, e vice-versa.

Hansen e Baeegh (1985), confeccionaram concretos de alta, média e baixa resistência à compressão, a partir de agregados convencionais (areia e brita), variando a relação água/cimento. Depois de 47 dias, os autores mediram a resistência à compressão, e o módulo de elasticidade dos diferentes concretos produzidos. Então, os corpos de prova foram moídos, peneirados e separados em categorias granulométricas similares às dos agregados inicialmente utilizados. Esse novo material produzido, foi utilizado como agregado graúdo na preparação de novos concretos de alta, média e baixa resistência, nas mesmas proporções das misturas usadas no concreto moído (usou-se areia natural como agregado miúdo). Esses novos corpos de prova foram testados aos 47 dias quanto à resistência à compressão, e ao módulo de elasticidade. Os resultados mostraram que os módulos de elasticidade estático e dinâmico do concreto feito com agregado graúdo reciclado e com areia natural, foram 15 a 30 % menores que o correspondente módulo do concreto original do qual os agregados foram produzidos.

Offermann (1987), analisou a substituição de agregados naturais por resíduos de construção, na confecção do concreto. Como o material menor que 4 mm absorve grande quantidade de água, essa faixa granulométrica foi substituída por areia normal, como forma de compensar os efeitos da grande quantidade de água.

Os resultados obtidos no estudo mostraram valores de resistências menores que a do concreto de referência. A resistência à compressão após 28 dias situou-se 10 a 30% abaixo, e a resistência à flexão e fragmentação aproximadamente 25 % abaixo dos valores do concreto de referência. As superfícies de ruptura dos corpos de prova mostraram a fragilidade do agregado, enquanto que, na ruptura do concreto normal, a fragilidade se manifesta no limite da capacidade de aderência entre os grãos do agregado e a matriz. O ensaio para a determinação da durabilidade, resultou numa maior permeabilidade à água e em uma menor resistência à ciclagem gelo/ degelo, que a do concreto de referência (OFFERMANN, 1987).

### **Considerações Finais**

O presente trabalho buscou analisar a utilização de entulhos da construção civil como agregados na confecção de concreto. Observou-se que a geração de resíduos acontece em grande escala, principalmente quando são oriundos de grandes demolições e processo de reforma. Diante disso, o uso de agregados reciclados apresenta-se como uma solução viável para a destinação de entulhos e proteção do meio ambiente, bem como manutenção dos agregados naturais, uma vez que desafogam a exploração indiscriminada desses recursos. Porém deve-se evitar a utilização em artefatos de concreto de caráter estrutural ou isolantes, uma vez que parâmetros de resistência apontaram uma deficiência com a utilização de agregados reciclados devido a origem ou aos parâmetros de mistura. Em grandes centros os resíduos podem se tornar uma excelente alternativa, devido à falta de recurso natural, com isso a introdução dos agregados em algumas construções pode se tornar atraente, tanto economicamente, além de fatores ambientais.

## Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007** - Amostragem de resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987a.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004** – Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004

AGOPYAN.et.al. **Reciclagem de resíduos da construção**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP 1998.

ANGULO, S.C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. Tese apresentada á escola de engenharia de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em ciência da engenharia ambiental, 2007.

CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. São Paulo: USP, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, 2005.

CEOTTO, L. H. **O desperdício na construção civil**. *Construção*. São Paulo: Pini, n. 2480, p. 12-13, ago. 1995.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Dá diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Resolução CONAMA nº 001. Brasília, 1986**. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Resolução CONAMA nº 307. Brasília, 2002.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em 29 de julho de 2015.

ESPINELLI, U. **A gestão do consumo de materiais como instrumento para a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras**. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO — AVANÇOS E DESAFIOS, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: PCC USP, 2005. 1 CD-RÔM.

FORMOSO, C.T. et al. **Um estudo sobre as perdas de materiais na construção civil e suas principais causas**. In: Encontro nacional em tecnologia do ambiente construído, 6. Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações. São Paulo: POLI:USP, 1993. v.2,p.571-80, 1993.



HANSEN, T. **Recycling of demolished concrete and masonry**. London: E & FN SPON, Rilem report 6, 1992.

HANSEN, T. C., BAE EGH, E. **Elasticity and shrinkage of recycled-aggregate concrete**. *ACI Journal*, v. 82, n. 56 p. 648-652, 1985.

HANSEN, T. C., NARUD, H. **Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate**. *Concrete International. Design and construction*, v. 5, n. 7, p. 79-83, 1983.

HOOD, S. R. D. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Engenharia. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, 2006.

JOHN, V. M. **Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos**. In: Seminário sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção, 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo: PCC - USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 161 p. p. 21- 30, 1996.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre. tese de doutorado em engenharia civil, programa de pós graduação em engenharia civil, universidade federal do rio grande do sul, 2001.

LEVY, S.M. **Reciclagem de entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concreto**. 145p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LIMA, J.A.R. de **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos**. 246p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estruturas, propriedades e materiais**. São Paulo, Ed. PINI, 1994.

MESSEGUER, Alvaro. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo: SINDUSCON, 1991.

OFFERMANN, E. H. **O futuro da reciclagem de entulho de construção** (Tradução). *Hochschuljournal Essen*, n. 52, 1987.

PINTO, T. P. **De volta à questão do desperdício**. *Construção*. São Paulo: Pini, n. 2491, p. 18-19, nov. 1995.

SENA, Priscila Lopes dos Santos de; CARVALHO, Patrícia Menezes; SANTOS, Débora de Gois. **Perdas na construção civil: estudo de caso**. XIII Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído. Canela - RS, 2010

SILVA, Luiz Ricardo Amaro da. **Utilização do Entulho como agregado para a produção de Concreto Reciclado.** Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2004.

SOUZA, Ubiraci E. L. de. **Como reduzir perdas nos canteiros:** Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.