

VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Antonio Bertoldo da Silva¹

Centro Federal de Educação Tecnológica do Amazonas

Diretoria de Pesquisa e Pós Graduação

Jussara Cury SocorroMaciel²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

jussar7@argo.com.br

RESUMO

O aprimoramento das técnicas construtivas e as inovações tecnológicas, ainda enfrenta muitos problemas. Um dos principais questionamentos atuais é o que será da construção civil quando os recursos naturais se tornarem escassos. De fato, a sua exploração sem nenhum controle tem causado graves problemas ambientais, além da geração de milhares de entulhos nas regiões urbanas. Uma alternativa para reduzir o acúmulo desses resíduos é a sua reciclagem. O presente artigo propõe o estudo da viabilidade de utilização, técnica e econômica, dos resíduos de construção e demolição, mediante sua aplicação na produção de agregados reciclados em concretos. Os agregados reciclados podem melhorar algumas propriedades do concreto, como resistência à compressão e durabilidade medida através da estimativa da sua vida útil.

Palavras-chave: agregados reciclados. concreto. viabilidade

ABSTRACT

O aprimoramento das técnicas construtivas e as inovações tecnológicas, ainda enfrenta muitos problemas. Um dos principais questionamentos atuais é o que será da construção civil quando os recursos naturais se tornarem escassos. De fato, a sua exploração sem nenhum controle tem causado graves problemas ambientais, além da geração de milhares de entulhos nas regiões urbanas. Uma alternativa para reduzir o acúmulo desses resíduos é a sua reciclagem. O presente artigo propõe o estudo da viabilidade de utilização, técnica e econômica, dos resíduos de construção e demolição, mediante sua aplicação na produção de agregados reciclados em concretos. Os agregados reciclados podem melhorar algumas propriedades do concreto, como resistência à compressão e durabilidade medida através da estimativa da sua vida útil.

Key-words: agregados reciclados. concreto. viabilidade

¹xxxxxxxxxxxxxx.

²Doutora em Planejamento de Transporte e Logística pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia e Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia.

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, acreditava-se que o progresso baseava-se no domínio e exploração dos recursos oferecidos pela natureza o que tornava os recursos naturais ilimitados e inesgotáveis. No entanto com o decorrer dos anos observou-se que não é bem assim, pois a natureza também precisa de cuidados. Os vários impactos causados pela ineficácia do controle ambiental, como a destruição da camada de ozônio, o efeito estufa e outras catástrofes decorrentes de ações humanas, indicam que a preservação do meio ambiente exige uma reformulação mais ampla dos processos produtivos e de consumo, desde a exploração da matéria-prima, passando pelos processos industriais, o transporte e o destino dos resíduos gerados, e também o do produto após sua utilização (JOHN, 2001; POON, 1997). Existe, a necessidade de se encontrar alternativas para reduzir o acúmulo desses resíduos. Pode-se começar pela melhoria da qualidade dos processos da construção civil, resultando numa diminuição das perdas de materiais e conseqüente diminuição dos resíduos gerados. Também se deve aumentar o grau de conscientização ambiental no sentido de minimizar os impactos causados pela urbanização indiscriminada e mal planejada das cidades e cobrar dos responsáveis uma legislação que atenda a todos e que, sobremaneira, faça valer os direitos e deveres de cada pessoa envolvida nesse processo. Outra alternativa é fazer uso da reciclagem desses resíduos. A reciclagem, potencialmente, pode resultar na redução de custos e do volume de extração da matéria-prima, preservando os recursos naturais limitados, e também na minimização dos problemas com gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos municípios (LEITE, 2001). A reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD) não é uma atividade recente. Na Alemanha, em torno de 1860, cidades da Alemanha. Diante da necessidade de reconstruir as cidades, que tiveram seus edifícios demolidos, e a carência de materiais de construção, a saída foi o

desenvolvimento da tecnologia de reciclagem dos resíduos de construção e demolição (LEITE, 2001; LEVY 2002). Desde então, países europeus têm pesquisado o assunto de maneira mais aprofundada, com o objetivo de estabelecer procedimentos para a obtenção de agregados reciclados com bom padrão de qualidade (VAZQUEZ, 2001; LEVY 2002). No Brasil, a discussão sobre resíduos ainda permeia no ambiente técnico-científico. A reciclagem de resíduos como material de construção ocorre ainda de uma forma incipiente, exceto pela intensa reciclagem das indústrias do cimento e do aço (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001). As discussões a respeito do que fazer com o grande volume de entulho gerado pelo setor da construção, depositado inadequadamente nos locais não propícios para esse fim, vem, aos poucos, ocupando espaço na política e na sociedade, dada a importância do tema e a conscientização ambiental. Portanto, este trabalho tem como objetivo discutir a viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição na produção de agregados para concreto.

2. MÉTODO OU FORMALISMO

Definição e classificação

Qualquer material proveniente de atividades de demolição de obras civis, assim como restos de obras, autoconstrução ou reformas pode ser considerado resíduo de construção e demolição. De acordo com NBR 10004 (ABNT, 1987), os resíduos de construção e demolição podem ser classificados na classe III, como resíduos inertes, ou seja, que não reagem quimicamente mesmo contendo elementos minerais. Essa classificação está sendo muito contestada no meio técnico. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aprovou, em 2002, a Resolução 307 (BRASIL, 2002), que faz orientações a respeito da destinação que é dada ao resíduo de construção civil. Essa resolução estabelece diretrizes e cri-

térios para a gestão dos resíduos provenientes de obras civis.

Geração de resíduos

Diversos estudos têm indicado elevados percentuais de perdas de materiais de construção e, em consequência, uma grande quantidade de resíduos gerados (FORMOSO et al., 1998; ISATTO et al., 2000; ANDRADE et al., 2001). Tais perdas, segundo Formoso et al. (1998), podem atingir valores da ordem de 8% em termos de custo. Os resíduos de construção são gerados em diferentes fases do empreendimento: fase de construção, fase de manutenção ou reformas e fase de demolição. A geração de resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas nos processos construtivos. Parte dessa perda permanece incorporada nas construções, sob a forma de componentes que acabam ficando superdimensionados (FORMOSO et al., 1998). A geração de resíduos na fase de manutenção está associada a vários fatores, entre eles reparos na estrutura em função da necessidade de correção de patologias, reformas nos edifícios, que normalmente causam demolições, ou o final de vida útil dos componentes que precisam ser substituídos. Nesta fase, a redução da geração de resíduos depende principalmente da melhoria da qualidade da construção, de tal forma que a manutenção seja reduzida (JOHN; AGOPYAN, 2000).

Na etapa de demolição, a redução dos resíduos depende do prolongamento da vida útil de seus componentes, que, por sua vez, dependem das tecnologias e materiais utilizados, da existência de incentivos para que os proprietários realizem modernizações e não demolições, e da existência de procedimentos eficazes para a reutilização de componentes (JOHN, 2000). Supõe-se que são gerados de 2 a 3 bilhões de toneladas de entulho por ano em todo o mundo. Em países europeus, tais como Alemanha e países da Europa Oriental, aproximadamente dois terços dos resíduos de construção gerados são provenientes de obras de manutenção e demolição, sendo o restante re-

sultante de atividades de construção (OZKAN, 2001; VAZQUEZ, 2001; LEITE, 2001; POON, 1997; JOHN, 2000). No Brasil não há números precisos que apontem uma estimativa nacional da geração de resíduos. Algumas estimativas pontuais levam a uma geração anual entre 220 a 670 quilos por habitante. Para um edifício, cuja massa de materiais equivale a 1.000 kg/m², o entulho gerado corresponde a aproximadamente 5% da massa total do edifício (ANDRADE et al., 2001; JOHN, 2000; PINTO, 1999). Pinto e Agopyan (1994), citados por Cavalcanti (2002), propõem algumas diretrizes para a reciclagem dos resíduos de construção civil em zonas urbanas: (a) mais de 90% dos resíduos da construção civil podem ser reutilizados na própria indústria da Construção Civil, na produção de novos componentes de construção; (b) é de fundamental importância conhecer a composição química e as qualidades físicas do resíduo, para que seja definido o uso para o qual será destinado; e (c) os principais adversários à reciclagem de resíduos da construção são decorrentes da falta de políticas sistemáticas e da dificuldade de mudar os hábitos das pessoas envolvidas na construção civil.

Composição dos Resíduos

Uma grande variedade de componentes contribui para a formação dos resíduos. A proporção desses materiais em diferentes amostras é de grande variabilidade e heterogeneidade. Esse é um dos motivos pelos quais a utilização de agregados reciclados ainda é tão pequena; a natureza variável deste material dificulta o seu aproveitamento pela indústria. Segundo Leite (2001), a composição do resíduo de construção e demolição tem influência direta na análise do comportamento do agregado no concreto. Diversos materiais podem ser encontrados, entre eles materiais cerâmicos, concretos e argamassa. Também podem ser encontrados elementos como gesso, vidros, materiais betuminosos, matéria orgânica, metais, plásticos, papéis, entre outros, mas são considerados como impurezas na reciclagem dos resíduos de construção

e demolição. A presença do gesso na composição do resíduo provoca reações de expansão e pode fissurar o concreto, não podendo este material ser utilizado na reciclagem para a produção de agregados. Materiais metálicos também podem causar danos ao concreto se inseridos na mistura, pois a presença de elementos como zinco e alumínio podem favorecer o desprendimento do hidrogênio no concreto fresco ou podem provocar reações de expansão, causando fissuras no concreto (HANSEN, 1992; LEITE, 2001; JOHN; AGOPYAN, 2000).

Utilização de agregados reciclados na construção

O emprego de agregados na produção de componentes como blocos de pavimentação, blocos de alvenaria, concretos, entre outros, vem sendo intensificado no Brasil somente nos últimos cinco ou seis anos. Embora as pesquisas realizadas até agora indiquem um bom potencial para utilizar agregados reciclados em concretos das mais variadas classes de resistências, o emprego de agregados reciclados ainda é relativamente pequeno. Uma das maiores dificuldades para a aplicação de agregados reciclados é a sua grande variabilidade. A tecnologia de controle de qualidade sistemática ainda é pouco conhecida no Brasil, ocorrendo o emprego de agregados reciclados principalmente em pavimentação. Entretanto, as pesquisas nacionais que tratam da utilização de agregados reciclados têm chegado a conclusões similares: concretos com esse tipo de agregado têm alcançado bons desempenhos em relação à avaliação mecânica e à durabilidade. Zordan (1997), Leite (2001), Chen et al. (2003), entre outros, avaliaram a viabilidade técnica da utilização desses materiais em relação a suas propriedades mecânicas e concluíram que agregados reciclados podem ser utilizados em concretos. Gómez-Soberon (2002) salienta que, apesar da grande porosidade dos agregados reciclados, a sua utilização em concretos é possível. Olorunsogo e Padayachee (2002) concluíram que os concretos obtidos

com agregados reciclados, ao serem avaliados quanto à durabilidade, apresentavam algumas propriedades melhoradas.

3. Resultados e discussões

Durabilidade de concretos com agregados reciclados

A vulnerabilidade do concreto diante de condições de agressividade do meio é um fator bastante preocupante na avaliação da vida útil das estruturas, pois uma durabilidade inadequada pode trazer sérias complicações, comprometendo a utilidade delas. De forma geral, a durabilidade de concretos incide diretamente na facilidade ou dificuldade do transporte de fluidos dentro do concreto, sendo classificado como um concreto pouco ou muito permeável. O principal agente de transporte de fluido no concreto é a água, que pode estar pura ou conter agentes agressivos, tais como o dióxido de carbono e o oxigênio. O deslocamento desses elementos no concreto vai depender da estrutura da pasta de cimento hidratado (NEVILLE, 1997). A durabilidade do concreto de agregados reciclados também depende da facilidade, ou não, do transporte desses fluidos.

Desenvolvimento de mercado para os resíduos de construção e demolição

Em alguns países onde a reciclagem de resíduos de construção já está consolidada, a utilização de agregados reciclados há muito deixou de ocorrer apenas em obras de construção de rodovias. Nos países europeus, precursores da reciclagem de resíduos de construção e demolição, o concreto reciclado já está sendo utilizado em concreto armado para casas residenciais de médio padrão e portos marítimos, e até em concretos de alta resistência. No Brasil, o problema maior incide em transportar as barreiras (legais, regulamentares, de educação, tecnológicas, econômicas) com a inserção de um novo produto no mercado contendo resíduo. Essa não é tarefa das mais fáceis, especialmen-

te para um setor considerado como conservador como o da Construção Civil. A saída para essa situação é o desenvolvimento de novas aplicações, contendo agregados reciclados, que apresente vantagens competitivas sobre os produtos convencionais.

Viabilidade técnica e econômica com a reciclagem

Do ponto de vista financeiro, o uso da reciclagem pode trazer benefícios para as empresas construtoras e também para as cidades, em função dos ganhos ambientais associados. O que falta, talvez, seja a comprovação de que fazer uso de agregados reciclados na construção civil pode, de fato, trazer economias para o construtor e a certeza de que o produto seja de qualidade. Considerando que o poder público esteja envolvido nesse assunto e na montagem de uma usina de reciclagem, a determinação do custo operacional de cada uma delas é um processo bastante complexo. Entretanto, segundo Pinto (2001), a consideração criteriosa dos componentes necessários – custos com a manutenção e reposição, serviços de água e luz, custos com mão-de-obra, juros, amortizações, equipamentos para movimentação interna – tem apontado para valores na ordem de R\$ 5,00 por tonelada processada de agregado reciclado. Considerando que houve reajustes, por conta dos índices de inflação, esse valor está sendo atualizado para, aproximadamente, R\$ 7,00 atualmente. Transformando o peso dos agregados, de tonelada para metro cúbico comercializado, tem-se uma idéia mais ampla da economia feita na utilização desses materiais.

A análise econômica foi feita apenas em cima dos valores de obtenção dos agregados, não levando em conta os custos externos, como, por exemplo, custos com transporte. Os valores dos agregados foram utilizados em função da unidade de comercialização dos produtos, que, em geral, é vendida por metro cúbico de produto. Para a transformação de tonelada para metro cúbico de material, utili-

zaram-se valores conhecidos da massa unitária dos materiais reciclados utilizados. A economia obtida no custo dos agregados pode se refletir em ganhos para empresas ou instituições que trabalham com habitações de interesse social, pois os menores custos com os agregados reciclados possibilitarão uma redução no valor do produto final, seja esse produto final uma habitação popular, artefatos de concreto ou até mesmo a produção de agregados reciclados para venda direta ao consumidor. No entanto, é recomendável, também, avaliar a durabilidade de um concreto com agregados reciclados e compará-la com a de um concreto convencional. Um dos parâmetros para avaliar a durabilidade é por meio da estimativa da vida útil. Entende-se como vida útil o período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados no projeto, cujo elemento desempenha sua função para o qual foi designado. Diversos modelos de previsão de vida útil de estruturas de concreto armado são conhecidos no meio técnico. Quando há mistura de agregados naturais e reciclados, praticamente não há diferença entre os concretos. Entretanto, considerando que a diferença entre um concreto e outro foi quase insignificante, o fato de que os pode favorecer o uso de concretos com materiais reciclados. No entanto, é importante Salientar que estes resultados expressam apenas uma estimativa. É necessário que se dê importância primária ao tratamento dos resíduos de construção e demolição desde o beneficiamento, passando pela caracterização dos materiais, até a fase de utilização dos agregados no concreto. Dessa forma, o material utilizado fica com suas propriedades conhecidas, e a sua utilização não fica limitada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho indicou que o uso do agregado reciclado no concreto, em proporções convenientemente dosadas, não afeta a resistência à compressão, tampouco a durabilidade do

concreto. Em alguns casos essas propriedades são até melhoradas. Sob o ponto de vista da durabilidade, é possível afirmar que é viável a utilização de agregados reciclados em concretos. A substituição é viável até um determinado percentual, pois misturas com 100% de substituição de ambos os agregados ou com apenas substituição total do agregado graúdo reciclado podem prejudicar o desempenho do concreto em função da diminuição da resistência aos ataques de agentes agressivos. É possível afirmar, também, que há indícios de economia na produção de concretos e de outros artefatos de cimento Portland, em função da economia obtida com os custos dos agregados reciclados em comparação aos agregados naturais. Isso pode tornar economicamente viável o uso de concretos com materiais reciclados. Muitos estudos, porém, ainda precisam ser feitos para ratificar a utilização desses materiais nos mais variados tipos de construção. Num momento em que se discute preservação do ambiente e seus recursos naturais, a reciclagem de resíduos de construção e demolição constitui-se numa importante alternativa para a minimização dos impactos ambientais. Desde que sejam tomadas medidas rigorosas na especificação, normalização e utilização desses materiais, o seu uso não ficará restrito a utilizações de pouca importância.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: *Resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 1987. 63 p.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002*: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

CONAMA, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 2 fev 2009.

LEITE, M. B. *Avaliação de propriedades me-*

cânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CAVALCANTI, D. K. C. *Políticas para a reciclagem de resíduos da construção civil*. Disponível em: <<http://www.federativo.bndes.gov.br>>. Acesso em: 03 fev 2009.