



SECRETARIA
DE ESTADO
DO MEIO
AMBIENTE



CETESB



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

Reciclagem de resíduos da construção

Vanderley M. John (1), Vahan Agopyan (2)

(1) Prof. Dr., vmjohn@pcc.usp.br (2) Prof. Titular, agopyan@pcc.usp.br
Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP (PCC USP)
VMJohn@pcc.usp.br

RESUMO

Este artigo apresenta um panorama brasileiro da reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD). Estimativas sobre o tema são apresentadas, incluindo da massa de resíduos gerados, composição típica, tamanho de mercado, custo anual por habitante. A experiência nacional na reciclagem do resíduo como agregado é resumida. Aplicações para os agregados são discutidas. Finalmente, é realizada uma discussão dos problemas a serem enfrentados para a generalização da prática de reciclagem destes resíduos no Brasil.

INTRODUÇÃO

A preocupação com resíduos de maneira geral é relativamente recente no Brasil. Diferente de países como os EUA onde no final da década de 1960 já existia uma política para resíduos, chamada de *Resource Conservation and Recovering Act*¹(RCRA) no Brasil ainda está em discussão uma legislação mais abrangente sobre resíduos e o Programa Brasileiro de Reciclagem ainda não saiu do papel. Apesar de algum avanço na reciclagem de resíduos domiciliares, obrigatoriedade de recolhimento de pneus e baterias, estamos certamente ainda longe de políticas mais abrangentes como a política do governo dos EUA de compra preferencial de produtos ambientalmente saudáveis, que privilegia produtos contendo resíduos (CLINTON, 1993) ou da abrangente política da Alemanha.

A reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD) vem da Antiguidade. Recentemente foi empregada na reconstrução da Europa após a segunda guerra mundial. Atualmente é praticada amplamente na Europa, especialmente na Holanda.

Neste contexto, a reciclagem de resíduos de construção encontra-se em estágio relativamente avançado. Existe atualmente um forte grupo na universidade brasileira, muito ativo no estudo dos resíduos de construção, seja no aspecto de redução de sua geração durante a atividade de construção, políticas públicas para o manuseio dos resíduos e ainda tecnologias para a reciclagem. Diversos municípios brasileiros já operam com sucesso centrais de reciclagem do resíduo de construção e demolição, produzindo agregados utilizados predominantemente como sub-base de pavimentação. Adicionalmente, a Câmara Ambiental da Construção Civil do Estado de São Paulo, criada pela Secretaria de Meio Ambiente e pela CETESB, instituiu recentemente um grupo para discutir o tema.

QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADO

De maneira geral a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar. PINTO (1999) estimou que em cidades brasileiras de médio e

¹ Pode ser traduzida como *Lei de Conservação e Reciclagem de Recursos*.

grande porte a massa de resíduos gerados varia entre 41% (Salvador, BA) a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

As estimativas internacionais variam entre 130 e 3000 kg/hab.ano. Para o Brasil as estimativas de PINTO (1999) e de outros autores para cidades de Jundiaí, Santo André, São José dos Campos, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Campinas, Salvador e Vitória da Conquista, variam entre 230 kg/hab.ano para esta última até 760 kg/hab.ano para a primeira. Nesta amostra a mediana foi 510 kg/hab.ano, valor coerente com as estimativas estrangeiras (Tabela 1). Já a estimativa da Prefeitura Municipal de São Paulo a partir dos dados de BRITO (1999) é de aproximadamente 280 kg/hab.ano. A metodologia desta estimativa, no entanto, é desconhecida e parte de um pressuposto que a prefeitura municipal gerencia 40% do RCD gerado. Na Tabela 1 pode-se observar a grande variabilidade das estimativas apresentadas por diferentes fontes para um mesmo país. Uma das razões da grande variabilidade é a classificação do que é considerado resíduo de construção. Alguns autores incluem a remoção de solos, enquanto outros excluem este valor. Outras razões decorrem da importância relativa da atividade de construção, da tecnologia empregada, da idade dos edifícios, entre outros. Certamente os dados nacionais necessitam ser validados a partir de uma metodologia única.

Tabela 1 – Estimativas de geração de resíduos de construção civil (a partir de JOHN, 2000)

País	Quantidade Anual		Fonte
	Mton/ano	Kg/hab.	
Suécia	1,2 – 6	136 – 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
Holanda	12,8 – 20,2	820 – 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	136 – 171	463 – 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)
UK	50 – 70	880 a 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010	
Itália	35-40	600-690	
Alemanha	79-300	963-3658	
Japão	99	785	KASAI (1998)
Portugal	3,2	325	EU (1999)
Brasil	Na	230-660	PINTO (1999)

CONTAMINAÇÃO DOS RCD

Os resíduos de construção e demolição são classificados por exceção na NBR 10004 como inertes. Embora em sua grande maioria se submetidos à análise, os RCD típicos provavelmente seriam classificados como não inertes, especialmente devido ao seu pH e dureza da água absorvida, em alguns casos eles podem conter contaminações importantes. Estas contaminações podem tanto ser oriundas da fase de uso da construção a partir dos quais foram gerados quanto do seu manuseio posterior. Estes contaminantes podem afetar tanto a qualidade técnica do produto contendo o reciclado quanto significar riscos ambientais.

RCD retirados de obras expostas à atmosfera marinha podem estar contaminados por sais que, dependendo da situação, podem levar a corrosão de metais. Seu uso em concreto armado, por exemplo, deve ser limitado.

Outra fonte significativa de risco são os RCD oriundos de construções industriais.

Do ponto de vista ambiental, o problema principal com este tipo de resíduo está relacionado a sua deposição irregular e aos grandes volumes produzidos. A deposição irregular do resíduo é muito comum em todo mundo. No Brasil, os números estimados por PINTO (1999) para cinco cidades médias variaram entre 10 e 47% do total gerado. Estes resíduos depositados irregularmente causam enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano. Às vezes estes resíduos são aceitos por proprietários de imóveis que os empregam como aterro, normalmente sem maiores preocupações com o controle técnico do processo. Esta prática pode levar a problemas futuros nas construções erigidas nestas áreas quando não a acidentes piores, como o da Favela Nova República em São Paulo, onde o desabamento de um aterro com resíduo de construção causou a morte de várias pessoas.

Além destas conseqüências, a remoção destes resíduos acumulados irregularmente onera os cofres públicos municipais. As estimativas de PINTO (1999) variaram entre US\$5,4/ton e US\$14,8/ton de RCD recolhido para diferentes cidades e técnicas de recolhimento. A Prefeitura Municipal de São Paulo recolhe diariamente 4 mil toneladas de entulho, a um custo mensal de R\$ 4,5 milhões (BRITO FILHO, 1999), o que permite estimar um custo de US\$30/ton.

A Tabela 2 apresenta uma estimativa realizada a partir de dados da população urbana dos municípios brasileiros medida pelo IBGE em 1996, admitindo-se uma geração de RCD de 0,51 ton/hab.ano, que corresponde a mediana dos valores medidos por PINTO (1999), com ano típico com 300 dias úteis. Das 4974 áreas urbanas, 152 apresentam geração estimada de resíduo acima de 200 toneladas por dia útil. É nestes municípios com mais de 120 mil habitantes que residem 56% da população urbana brasileira. Como regra geral, quanto maior a cidade, mais grave é a questão dos resíduos de construção.

Tabela 2 – Classificação dos municípios brasileiros de acordo com a geração de RCD pela população urbana (a partir de IBGE, 1996 e PINTO, 2000).

População (mil)	RCD (ton/dia útil)	Nº mun	População		RCD médio (ton/dia)
			%	Média	
< 120	< 200	4.822	44,2	11.281	18
120 a 300	200 a 500	103	16,0	190.873	318
300 a 600	500 a 1000	25	8,3	410.865	684
600 a 3000	1000 a 5000	22	19,3	1.082.086	1803
> 3000	> 5000	2	12,1	7.471.325	12452

A COLETA DE RCD ENQUANTO NEGÓCIO

Não se pode esquecer que os RCD já são hoje um negócio estabelecido em quase todas as grandes cidades brasileiras, envolvendo as empresas contratadas pela prefeitura para recolher o entulho depositado irregularmente, as empresas contratadas pela prefeitura que operam os aterros de resíduos, empresas de tamanho variado que trabalham com o transporte de entulho utilizando caminhões poliguindaste e caçambas, e também um grupo de transportadores autônomos, que utilizam carroças e até carrinhos de mão.

As empresas de coleta de resíduo estão se associando e já existe pelo menos um sindicato: o Sindicato das Empresas Removedoras de Entulho do Estado de São Paulo, que conta, segundo informações da entidade, com aproximadamente 250 associados. Em São José do Rio Preto e Jundiá também existem associações. Não existem estatísticas mais precisas sobre o tamanho do setor de coleta de entulho, mas é certo que em grandes cidades o valor pode ser significativo.

O Sindicato paulista estima que existam na cidade de São Paulo cerca de 400 empresas de coleta de resíduos de construção ativas. As estimativas de PINTO (1999) também fornecem números significativos, com 43 empresas em Santo André, 18 em Ribeirão Preto e 14 em São José do Rio Preto. Os dados deste autor mostram que as empresas de coleta recolhem tipicamente de 80 a 90% do RCD gerado nos municípios citados. O único município que destoa desta faixa é São José dos Campos, onde apenas 52% são coletados por empresas. Com exceção de Vitória da Conquista (BA), a menor cidade estudada, é São José dos Campos a cidade que possui a menor infraestrutura de caçambas para transporte de entulho, com um índice de 649 toneladas/ano.caçamba. Para as demais cidades, Santo André, São José do Rio Preto, Ribeirão Preto e Jundiá, este índice oscilou entre 166 e 230 ton/ano.caçamba. Conclui-se que um setor privado de coleta de entulho mais consolidado permite uma redução da deposição clandestina e dos custos associados de limpeza.

Segundo os dados de BRITO (1999) a prefeitura de São Paulo recolhe mensalmente 4000 ton de RCD, ou seja $1,06 \cdot 10^6$ ton/ano a um custo anual de R\$54 milhões por ano. Para a estimativa do faturamento,

se for admitida a estimativa oficial apresentada por este autor que este total de RCD representa 40% do gerado no município, percentagem que parece super-estimado, o setor privado seria responsável por $1,7 \cdot 10^6$ ton/ano. Considerando que o custo de transporte de uma caçamba de 4m^3 é de R\$60 geraria um faturamento potencial anual de R\$20 milhões. Este valor corresponderia a apenas 400 mil viagens, ou a 7,3 mil caçambas, considerando uma viagem por semana, valores muito abaixo das estimativas existentes.

No entanto, admitindo que a geração de entulho no município de São Paulo é igual a mediana da amostra estudada por PINTO (1999) de 510kg/hab.ano, que corresponde a cidade de Santo André, a prefeitura passaria a recolher cerca de 20% do entulho gerado, o que pode ser uma estimativa mais adequada à realidade da cidade. Nesta nova estimativa, a parcela não transportada pela prefeitura seria de $3,7 \cdot 10^6$ ton/ano, o que equivale a um faturamento anual potencial de R\$47 milhões. Assim, o *negócio potencial* de coleta de resíduos na cidade de São Paulo está entre R\$74 milhões e R\$101 milhões anuais. Ou seja, o custo anual *per capita* para a retirada do entulho estimado estaria entre R\$8 a R\$11. Este mesmo índice, estimado a partir dos dados de PINTO (1999)² para cidades entre 300 e 600 mil habitantes, variou de R\$9,9 a R\$11,9/hab.ano. Embora fosse de se esperar que o custo do RCD em uma cidade grande como São Paulo fosse relativamente mais caro, os resultados podem ser considerados adequados.

Assim, admitindo-se o valor de R\$10/hab.ano, pode-se estimar grosseiramente que o negócio de coleta do entulho para cidades maiores que 600 mil habitantes no Brasil pode atingir mais que R\$400 milhões por ano. Parte deste faturamento é repassado como pagamento para os controladores de área de deposição, conhecidos como *bota-fora*.

² Admitindo uma taxa de cambio US\$ 1 = R\$1,7 e a população urbana do censo de 1996. Admitiu-se o custo de coleta particular por caçamba de 3m^3 de R\$20 em São José do Rio Preto, R\$45 em Santo André, R\$40 em Ribeirão Preto, conforme contato com Tarcísio de Paula Pinto em 19/04/2000.

MEDIDAS PARA REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RCD

O resíduo da construção é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções:

- a) fase de construção (canteiro);
- b) fase de manutenção e reformas;
- c) demolição de edifícios

Não existem estudos sistemáticos sobre a origem dos resíduos no Brasil. PINTO (1999) estimou que o RCD gerado em atividades de manutenção e reformas e, provavelmente demolição, varia 42 a 80% do total gerado. Naturalmente esta proporção vai depender das características de cada cidade.

FASE DE CONSTRUÇÃO

A geração do resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas dos processos construtivos. Parte das perdas do processo permanece incorporada nas construções, na forma componentes cujas dimensões finais são superiores àquelas projetadas. Este é o caso de argamassas de revestimento, concretos, etc. Outra parcela vai se converter em resíduo de construção. A proporção entre as duas não é conhecida em detalhes, mas PINTO (1999) estipulou que 50% das perdas são convertidas em RCD.

Talvez a mais importante pesquisa sobre perdas na construção *formal*³ foi realizada no Brasil, financiada pelo Programa HABITARE⁴, que contou com a participação de 18 Universidades e 52 empresas (AGOPYAN *et al.*, 1998). A Tabela 3 resume alguns dos resultados obtidos pela pesquisa. A principal revelação talvez seja a grande variação nas perdas entre as diferentes empresas e canteiros de uma mesma empresa que usam uma mesma tecnologia. Esta variabilidade demonstra ser possível combater as perdas - e também a geração de resíduos - sem mudança das tecnologias, através do aperfeiçoamento de projetos, seleção adequada de materiais, treinamento de recursos humanos, utilização de ferramentas adequadas, melhoria das condições de estoque e transporte e melhor gestão de processos.

Mudanças tecnológicas também podem reduzir as perdas e o entulho da construção. Processos como a incorporação de instalações em paredes de alvenaria que exigem a quebra parcial da parede recém construída e sua reconstrução com argamassa, por exemplo, devem ser abandonados. No entanto, nem todas as novas tecnologias adotadas recentemente colaboram com a redução das perdas. Este é o caso dos revestimentos internos à base de gesso, de adoção recente, com perdas de até 120% no serviço.

Tabela 3 Perdas de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (%)

	Cimento	Aço	Blocos e tijolos	Areia	Concreto usado
Min	6	2	3	7	2
Max	638	23	48	311	23
Mediana	56	9	13	44	9

³ Não existem dados disponíveis para a construção informal, cujo o volume de produção pode ser igual ou superior ao da construção formal.

⁴ Programa de fomento à pesquisa na área de habitação coordenado pela FINEP e que conta com recursos do CNPq (Bolsas RHAE), Caixa, SEBRAE, entre outros.

A redução das perdas geradas na fase de construção, ao provocar a redução da quantidade de material incorporada às obras, reduz também a geração de geração de resíduo nas fases de manutenção e demolição.

O setor de construção encontra-se mobilizado em torno do tema de redução das perdas, pois estas significam uma oportunidade de redução de custos. Medidas de controle de deposição, transporte e até mesmo taxaço da geração de resíduos pela construção são alternativas adicionais à disposição do poder público. Estas alternativas tem sido adotadas em vários países, por exemplo, na Inglaterra (JOHN, 2000). Campanhas educativas poderiam apresentar resultados mais amplos, ao atingir também a construção informal.

FASE DE MANUTENÇÃO

A geração de resíduo na fase de manutenção está associada à vários fatores: (a) correção de defeitos (patologias); (b) reformas ou modernização do edifício ou de partes do mesmo, que normalmente exigem demolições parciais; (c) descarte de componentes que tenham degradado e atingido o final da vida útil e por isso necessitam ser substituídos.

A redução da geração de resíduos nesta fase vai exigir (a) melhoria da qualidade da construção, de forma a reduzir manutenção causadas pela correção de defeitos; (b) projetos flexíveis, que permitam modificações substanciais nos edifícios através da desmontagem que permita a reutilização dos componentes não mais necessários; (c) aumento da vida útil física dos diferentes componentes e da estrutura dos edifícios.

No Brasil, de maneira geral, os projetos não consideram nem mesmo a existência de atividades de manutenção e seus custos. Atualmente o setor concentra muito esforço em programas de gestão da qualidade. As demais medidas para a redução dos resíduos nesta fase dependem de conscientização de integrantes da cadeia produtiva da construção, que somente serão obtidas a longo prazo. Projetos flexíveis dependem de novas tecnologias, que apenas agora chegam ao país. No entanto, mesmo estas novas tecnologias não permitem a desmontagem com reaproveitamento dos componentes.

ETAPA DE DEMOLIÇÃO

A redução dos resíduos causados pela demolição de edifícios depende (a) do prolongamento da vida útil dos edifícios e seus componentes, que depende tanto de tecnologia de projeto quanto de materiais; (b) da existência de incentivos para que os proprietários realizem modernização e não demolições; (c) de tecnologia de projeto e demolição ou desmontagem que permita a reutilização dos componentes.

De forma geral, os profissionais brasileiros da área de construção, mesmo os acadêmicos, não possuem formação que os capacite a avaliar a durabilidade das soluções construtivas, com exceção de alguns profissionais da área de concreto armado. Neste aspecto, a revisão da NBR 6118, agora em curso, vai representar uma melhora significativa na durabilidade das estruturas de concreto armado. As tecnologias de construção que facilitem a desmontagem ainda estão para ser desenvolvidas.

Portanto, a redução da geração de resíduos nesta fase depende de medidas de prazo muito longo.

COMPOSIÇÃO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS

Os resíduos de construção são constituídos de uma ampla variedade de produtos, que podem ser classificados em:

- **Solos;**
- **Materiais “cerâmicos”:** rochas naturais; concreto; argamassas a base de cimento e cal; resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas; cerâmica branca, especialmente a de revestimento; cimento-amianto; gesso – pasta e placa; vidro
- **Materiais metálicos** , como aço para concreto armado, latão, chapas de aço galvanizado, etc.;
- **Materiais orgânicos:** como madeira natural ou industrializada; plásticos diversos; materiais betuminosos; tintas e adesivos; papel de embalagem; restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos.

A proporção entre estas fases é muito variável e depende da origem. Resíduos produzidos por manutenção de obras de pavimentação, naturalmente, vão apresentar composição compatível com os materiais empregados, revelando especialmente asfaltos.

A Figura 1 apresenta a composição típica dos resíduos recebidos no aterro de Itatiba em São Paulo. Estes entulhos são originados predominantemente de atividades de construção de edifícios. A fração predominante é a de natureza cerâmica, seguida pelo solo.

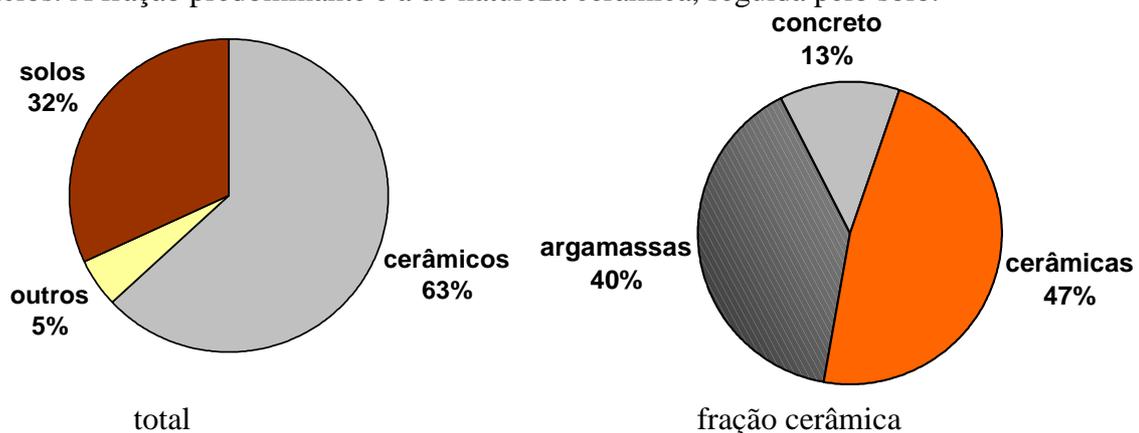


Figura 1– Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).

Do ponto de vista técnico as possibilidades de reciclagem dos resíduos variam de acordo com a sua composição. Quase a totalidade da fração cerâmica pode ser beneficiada como agregado com diferentes aplicações conforme sua composição específica. As frações compostas predominantemente de concretos estruturais e de rochas naturais podem ser recicladas como agregados para a produção de concretos estruturais. A presença de fases mais porosas e de menor resistência mecânica, como argamassas e produtos de cerâmica vermelha e de revestimento, provoca uma redução da resistência dos agregados e um aumento da absorção de água. Assim agregados mistos tem sua aplicação limitada à concretos de menor resistência, como blocos de concreto, contra-pisos, camadas drenantes, etc. Uma aplicação já tradicional no mercado – embora ainda apresente problemas técnicos – é a reciclagem destes resíduos mistos na produção de argamassas em canteiro, através de equipamento específico .

A presença de produtos de gesso – solúveis em água e que apresentam reações expansivas com o cimento Portland é um limitador importante da reciclagem da fração cerâmica. A introdução de painéis de gesso acartonado na construção de divisórias no mercado brasileiro vai significar a médio prazo um sério limitador às atividades de reciclagem. No entanto, a reciclagem do gesso em si, é bastante simples, e certamente está ao alcance das grandes empresas multinacionais que dominam o mercado nacional.

Frações compostas de solo misturado a materiais cerâmicos e teores baixos de gesso, podem ser recicladas na forma de sub-base e base para pavimentação. A fração metálica é facilmente vendida a indústria da sucata. As demais frações, especialmente madeira, embalagens e gesso ainda não dispõe de tecnologia de reciclagem.

RECICLAGEM COMO AGREGADO

O beneficiamento tradicional visando a reciclagem compreende uma ou mais etapas de classificação dos resíduos, separando as fases indesejáveis em agregados; britagem por equipamento de martelo e, via-de-regra, peneiramento.

Além das tecnologias de separação manual e magnética em uso no Brasil, existem tecnologias de classificação que se valem da diferença de densidade das diferentes fases. Estas tecnologias permitem, inclusive, a separação dos agregados cerâmicos em fração concreto e rocha das frações porosas. Evidentemente, estes processos significam acréscimos no custo do processo.

Uma etapa normalmente não incluída nas centrais brasileiras é a criação de pilhas homogeneização dos agregados, de forma a diminuir a variabilidade natural do produto, ao longo do processo.

UTILIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO

Se o processo de produção de agregados em sua versão tecnológica mais simples está consolidado no Brasil, o mesmo não pode ser dito do emprego do agregado. Embora existam experiências no emprego de agregados mistos (solo, concreto, pedras, argamassas, cerâmica vermelha e branca) na produção de pavimentação e este procedimento esteja em uso no Brasil desde o final da década de 80, não está disponível, no entanto, ao público documentação técnica abrangente e consistente. O mesmo acontece com a produção de argamassa a partir dos agregados em canteiros de obras, que recentemente tem sido objeto de investigação acadêmica.

O grau de conhecimento da tecnologia de emprego dos agregados na produção de componentes como blocos de pavimentação, meio-fios, blocos de alvenaria é ainda mais rudimentar, embora exista alguma experiência prática incipiente e algumas pesquisas sistemáticas em planejamento. A reciclagem de agregados na produção de concreto só agora está sendo objeto de pesquisas, no país.

Um aspecto que complica a utilização de agregados reciclados é a sua variabilidade. No Brasil, não existe tecnologia de controle de qualidade sistemática, uma vez que para o emprego do agregado reciclado em pavimentação este aspecto não é de importância menor. Os estudos estão em fase inicial.

EXPERIÊNCIA DE RECICLAGEM DE RCD NO BRASIL

Como já foi mencionado, existem experiências nacionais de reciclagem de RCD⁵ na forma de agregados. As “centrais” de reciclagem hoje em operação são operadas, predominantemente, pelas Prefeituras Municipais. Os agregados produzidos são empregados em obras de pavimentação e, embora sem desenvolvimento técnico adequado, na produção de pequenos componentes de concreto, como por exemplo, blocos de pavimentação.

Atualmente estão em operação as centrais de reciclagem em Belo Horizonte (com 2 centrais com capacidade total de 300 ton/dia, em processo de ampliação), Ribeirão Preto e Piracicaba. Em São José dos Campos, São Paulo e Londrina as centrais foram atualmente desativadas. Outros municípios como São José do Rio Preto, Tocantins e Santo André estão analisando o problema. Este último município operou durante alguns meses uma pequena central de reciclagem experimental.

Os dados disponíveis demonstram a viabilidade técnica e econômica da operação destes sistemas de gestão dos RCD. Uma das condições do sucesso das centrais é a construção de uma rede de captação de resíduos dentro da malha urbana, capaz de atrair, via redução de distâncias de transporte, as caçambas de coleta bem como os coletores autônomos.

Do ponto de vista financeiro, o sistema é interessante para as Prefeituras porque permite a redução global dos custos, além dos ganhos ambientais associados. Dados de PINTO (1999) mostram que a implantação e operação do sistema de gestão do RCD são compensados pela redução da necessidade de coleta e deposição do resíduo depositado ilegalmente e pela substituição de agregados naturais adquirido de terceiros para consumo nas obras da municipalidade pelo agregado reciclado. Naturalmente, o sistema será tão mais interessante quanto maior o custo do agregado natural e do sistema de coleta da deposição ilegal.

Uma das deficiências das políticas de reciclagem de RCD baseadas no modelo de centrais de reciclagem operadas pelas Prefeituras é o risco de interrupção do funcionamento, dada a descontinuidade que caracterizam as ações das administrações públicas e com isso não existe garantia de continuidade destas políticas. A interrupção total da operação da central de São José dos Campos, a baixa atividade que caracterizou a operação da central de São Paulo até seu recente fechamento, são exemplos do problema.

A principal vantagem deste modelo é que há garantia do mercado para o produto reciclado, já que a única aplicação cuja tecnologia encontra-se razoavelmente consolidada é o uso do agregado em pavimentação, onde os principais clientes nas cidades são as próprias prefeituras.

DESENVOLVIMENTO DE MERCADO PARA RECICLAGEM DE RCD

Até recentemente a reciclagem de RCD realizada pelo setor privado estava limitada à produção de argamassas a partir dos resíduos dentro do próprio canteiro onde os mesmos são gerados.

No entanto, recentemente a oportunidade de negócio na operação de centrais de reciclagem de RCD começa a chamar atenção do setor privado. No momento não existe nenhuma central privada em operação, mas são detectados projetos em andamento em Campinas (SP), Recife,

⁵ Neste item não será tratada a reciclagem de pavimento asfáltico, que é praticada intensivamente em quase todas as regiões do Brasil, inclusive em rodovias de grande volume de tráfego.

Rio Grande do Norte⁶. Cidades como Santo André e São José do Rio Preto estão discutindo sistemas mistos, onde a Prefeitura licita autorizações para a operação de centrais de reciclagem.

Existem várias barreiras a serem vencidas para a introdução de novos produtos contendo resíduos: legais/ regulamentares, educação e informação, tecnológicas, econômicas e geográficas (BCSD-GM, 1999; LAURITZEN, 1998) e de mercado (JOHN, 2000).

Em primeiro lugar, no momento a única tecnologia consagrada capaz de consumir os grandes volumes gerados é a pavimentação, que possui praticamente um cliente, as municipalidades. Além da descontinuidade entre gestões, a incerteza quando a pagamentos torna este negócio menos atrativo. Assim é fundamental o desenvolvimento de mercados alternativos.

Em segundo lugar, a introdução de um novo produto no mercado de construção civil é sempre difícil. O caminho mais fácil para superar esta limitação, envolve o desenvolvimento de aplicações onde os produtos contendo agregado reciclado apresente vantagens competitivas sobre os produtos tradicionais, além de preço compatível. Assim, provavelmente seja mais fácil encontrar mercado para produtos contendo agregado reciclado do que para o agregado isoladamente.

Em terceiro lugar, adicionalmente a dificuldade anterior, no caso dos resíduos existe também o temor de que os clientes considerem um produto contendo resíduos como de menor qualidade. Esta limitação somente pode ser enfrentada por um política consistente e prolongada de educação ambiental. O desenvolvimento de marcas de qualidade ambiental de produto – que são essencialmente diferentes da certificação ambiental de empresas – certamente serão importantes no processo.

Em quarto lugar, existem vários problemas tecnológicos. As aplicações na produção de concretos, componentes de baixa resistência, pavimentação e argamassas necessitam ser aperfeiçoadas e, o resultado das pesquisas, amplamente divulgados. O desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade do produto é também tarefa técnica importante. Estas tecnologias, no entanto, ainda necessitam ser desenvolvidas e adequadamente testadas. Em quinto lugar pode-se citar a dificuldade de localização das centrais de reciclagem. A localização de centrais de entrega em pontos que encurtem as distâncias de transporte é aspecto crítico para a captação dos resíduos. Adicionalmente, a distância de transporte vai afetar diretamente a competitividade do produto. Assim é necessário que centrais de reciclagem estejam localizadas em zonas urbanas, o mais próximo possível do local de geração. Esta localização traz consigo problemas de licenciamento ambiental, zoneamento urbano e até oposição dos moradores. Estes problemas são naturalmente mais difíceis de superar em um empreendimento privado.

Em sexto lugar, é desejável melhorar o manejo dos RCD quando da sua geração no canteiro de obra, de forma que eles cheguem nas classificados conforme a sua natureza. Esta classificação pode reduzir significativamente os custos de operação das centrais de reciclagem e viabilizar a produção de concretos utilizando agregado reciclado.

Finalmente, após o desenvolvimento das tecnologias é necessário estabelecer uma normalização adequada, de forma a abrir o mercado seja aos agregados, seja aos produtos com eles confeccionados.

⁶ Contato com César Pimentel, do Banco do Nordeste do Brasil S.A.

CONCLUSÕES

A massa de RCD gerado nas regiões urbanas pode ser superior à dos resíduos domiciliares. As estimativas brasileiras são raras e os números apontam para uma produção anual entre 220 a 670 kg/hab, com mediana de 510 kg/hab. Devido a grande quantidade gerada e a sua deposição ilegal, que pode ser entre 20 e 50% do gerado nas cidades sem política adequada para este resíduo, eles são um problema sério nas médias e grandes cidades brasileiras.

A coleta do RCD é um negócio estabelecido, com um grande número de empresas privadas, trabalhando tanto para as prefeituras quanto para a iniciativa privada. É possível apontar um dispêndio médio de R\$10/hab.ano com o transporte e deposição destes resíduos. Parcela significativa deste valor onera os cofres municipais.

A redução da geração deste resíduo é complexa, e somente pode ser atingida no médio ou longo prazo.

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição é viável do ponto de vista técnico e ambiental. O risco de contaminação ambiental por este tipo de reciclagem pode ser considerado baixo, embora um controle mínimo seja desejável especialmente quando se trata de RCD oriundos de instalações industriais.

Várias prefeituras brasileiras já operam centrais de reciclagem de RCD, produzindo agregados utilizados basicamente em obras de pavimentação. O desafio do próximo período é generalizar a prática, inclusive através da viabilização da atividade privada. Para que esta meta seja atingida, são necessárias políticas públicas consistentes, abrangendo as áreas de legislação, pesquisa e desenvolvimento, legislação tributária e educação ambiental.

REFERÊNCIAS

- BROSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H.; VAN KESSEL, R. A. Financial Consequences of construction Waste. *In: CIB W 89 BEIJING INT. CONF.* Beijing, 21-24 Oct. 1996. Disponível na Internet www.bre.polyu.edu.hk/careis/rp/cibBeijing96/papers/120_129/122/p122.htm (acessado em 28 de Janeiro de 2000).
- DETR (DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS.) **Sustainable Development: opportunities for change (consultation paper on a Revised UK Strategy).** Publicado na Internet. www.environment.detr.gov.uk/sustainable/consult1/index.htm. Publicado em 28 de Maio de 1998. Visto em 22 de Janeiro de 2000
- EU (European Union) **Construction and demolition waste management practices and their economic impacts.** Report to DGXI European Commission. 1999.83p.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

- KASSAI, Y. Barriers to the reuse of construction by-products and the use of recycled aggregate in concrete in Japan. *In: Use of recycled concrete aggregate*. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998 p. 433-444.
- LAURITZEN, E. K. The global challenge of recycled concrete. *In: Use of recycled concrete aggregate*. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998. p. 506-519.
- PENG, C. L.; GROSSKOPF, J. R.; KIBERT, C. J. Construction wastemanagement and recycling strategies in the United States. *CIB TG 16 Sustainable Construction. Proceedings*. Tampa, Florida, November 6-9, 1994. p. 689-696
- PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.
- TOLSTOY, N.; BJÖRKLUND, C.; CARLSON, P. O. Material flow in the construction and heavy engineering sector. *In: CIB WORLD CONGR. CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT. Proceedings*. Gävle, June 1998. CIB : Rotterdam, 1998, v.1, p.857-864.