

# Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil

Publicamos, a segunda e última parte do artigo – iniciado na edição anterior – sobre as dificuldades encontradas ao aprofundamento da prática de reciclagem no Brasil, particularmente na construção civil.

*Por Vanderley M. John*

## **A Experiência Brasileira**

Sem sombra de dúvida, a maior experiência nacional na área de reciclagem de produtos gerados por indústrias na produção de materiais de construção civil é a conduzida pela indústria cimenteira, que recicla, principalmente, escórias de alto forno básica e cinzas volantes. YAMAMOTO et al (1997) estimam que, em 1996, a indústria cimenteira brasileira reduziu a geração de CO<sub>2</sub> em 29% e obteve uma economia de combustível de 28%, depois de adotar a reciclagem maciça de cinzas volantes e escórias granuladas de alto forno básicas, além da calcinação de argilas e adição de filler calcário. Adicionalmente, MARCIANO & KHIARA (1997) estimam que a indústria cimenteira economizou entre 1976 e 1995, cerca de 750 mil toneladas de óleo combustível queimando resíduos como: casca de arroz, serragem e pedaços de madeira, pó de carvão vegetal, pedaços de pneus e borrachas, cascas de babaçu, entre outros. Atualmente, a indústria cimenteira está iniciando no País a prática de coprocessamento, definido como calcinação de resíduos perigosos em fornos de cimento para redução do consumo de energia e do volume de resíduos perigosos em aterros.

A produção anual de escórias de alto forno no Brasil, em 1996, foi de 6,4 milhões de

toneladas, sendo que 0,7 milhões resfriadas lentamente e o restante granulado, sendo portanto, adequada a reciclagem como aglomerantes. Contudo, nem toda a escória granulada — mesmo a de composição básica — é consumida pela indústria cimenteira, permanecendo acumulada em aterros. A fração escória resfriada lentamente é utilizada internacionalmente como agregado para concreto, base para pavimentação, mas seu uso, ainda, não é difundido no Brasil, onde a fração granulada acumula-se nas usinas. Já no mercado norte-americano, 85% dos 11,8 Mton de escória de alto forno produzidas anualmente são resfriadas lentamente e comercializadas como agregado (GIBBS, 1999).

O mercado brasileiro não dispõe de escória moída para mistura em betoneira e agregados leves de escória. A produção desses agregados é feita através da peletização da escória (PERA, 1996), em um processo onde o fluxo de escória líquida é interceptado por uma roda dentada rotatória, resfriada com pequena quantidade de água e projetada na forma de grãos de tamanho variável. Os grãos menores são predominantemente vítreos e podem ser utilizados na produção de cimento. Os grãos maiores constituem-se em agregados leves.

**Comercialização de resíduos** – Atualmente a indústria siderúrgica já considera o foco ambiental como parte de sua estratégia competitiva, valorizando economicamente seus resíduos e diversificando seu mercado consumidor. Recentemente esse interesse levou à construção da primeira fábrica brasileira de cimento, que não dispõe de forno próprio para a produção de clínquer, a cimento Mizu. Essa fábrica opera produzindo cimento CPIII, que é adquirido no Oriente ou mesmo no mercado nacional. Localizada dentro da área da CST, está capacitada a produzir cerca de 700 mil toneladas de cimento ao ano. A CST também está exportando escória granulada para os EUA. Se o mercado brasileiro seguir a tendência internacional, a busca de valorização levará, a nível internacional, à criação de companhias especificamente voltadas para a comercialização dos resíduos. É o caso da East Coast Slag Products inglesa, uma joint venture da British Steel com a Tarmac, um dos maiores grupos de construção civil e de materiais de construção do Reino Unido. Essa companhia comercializa escória moída para mistura em betoneira (East Cost Slag Cement), agregado de escória resfriada ao ar (Teesside Slag and Scunthorpe Slag) e cerca de 1000 toneladas/dia de agregado leve de escória (Pellite). No Canadá, a NSL também comercializa agregado de escória peletizada, sob a marca comercial de Litex. Outros usos da escória de alto forno são: a produção de isolantes (lã de rocha), lastro ferroviário e produção de telhas asfálticas (shingles) (GIBBS, 1999).

O mercado norte-americano possui, também, uma associação que promove o uso e comercialização das escórias. Uma tendência da pesquisa é o desenvolvimento de cimentos de escória para aplicações específicas, como cimentos especiais de baixa alcalinidade destinados à produção de materiais reforçados com fibras de vidro ou fibras vegetais.

Além das escórias de alto forno, a indústria siderúrgica brasileira produz cerca de 3,2 Mton<sup>2</sup> de escórias de aciaria, tanto elétrica como de conversor LD. De composição variável entre as diferentes indústrias e mesmo tipos de aço, essas escórias são expansivas, uma vez que apresentam grandes teores de aço (em alguns casos acima de 20%), CaO, MgO e o instável  $\gamma$ C2S. Apesar dos riscos envolvidos, esse produto, após a remoção mecânica das frações mais ricas em metal e envelhecimento

(segundo dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Siderurgia) indica que cerca de 38% são recicladas na forma de lastro ferroviário - especialmente na área de influência da Companhia Vale do Rio Doce e pavimentação (SILVA, 1999). Devido a falta de critérios de controle adequados à realidade brasileira, a expansibilidade desse tipo de escória tem levado a vários desastres, tanto quando utilizada como base de pavimentação, aterro ou agregado para concreto. O desenvolvimento de critérios técnicos para análise do risco de expansão deste produto é uma preocupação do setor siderúrgico. O método existente é uma adaptação do método CBR para solos, cujos resultados apresentam expansões de mais de até 10%.

O setor siderúrgico é, também, um grande reciclador. Boa parte do aço destinado ao reforço de concreto armado produzido no País é proveniente do processo de arco elétrico, que utiliza como matéria-prima, quase que exclusivamente, sucata. A reciclagem desse material permitiu economizar, em 1997, perto de seis milhões de toneladas de minério de ferro, evitando a geração de cerca de 2,3 milhões de toneladas de resíduos e de outros 11 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

**Cinzas Volantes** – O setor termoelétrico e outras indústrias, que queimam carvão em caldeiras de leito fluidizado geram cerca de 1,4 Mton de cinzas volantes todos os anos, além de cerca de 0,36 Mton de cinzas de grelha, valores que devem crescer no futuro próximo. As cinzas volantes são comercializadas especialmente para a indústria de cimento, embora existam várias pesquisas para a produção de cal hidráulica e cimentos. As cinzas de grelha não encontram aplicação no mercado brasileiro. Nos mercados inglês e norte-americano existem, inclusive, associações setoriais voltadas à promoção e aperfeiçoamento do mercado de produto, como por exemplo, a Worldwide Coal Ash Council, recentemente criada. A empresa Ash Resources, que pertence ao grupo The Rugby Group PLC, um conglomerado fabricante de cimento e outros materiais de construção em diversos países, comercializa as cinzas volantes classificadas para a produção de concreto através da mistura em betoneira produzindo, também, agregado leve por calcinação da cinza volante pelotizada - comercializada sob a marca Lytag. A cinza de

grelha, mesmo em uma grande central termoeletrica como a de Drax, é integralmente comercializada como agregado, especialmente na indústria de blocos de concreto leve e de maior resistência térmica. Um dos consumidores desses agregados é a Tarmac Topblocks que produz uma linha de blocos chamada HEMETILE, contendo mais de 50% de resíduos, que utiliza como argumento de venda a sua adequação ao sistema de certificação de edifícios BREEAM.

**Reciclagem de Entulho** - Iniciada na Europa após a II Guerra Mundial, a reciclagem de entulho encontra-se muito atrasada no Brasil, apesar da escassez de agregados nas grandes regiões metropolitanas, especialmente se comparada aos países europeus, onde a fração reciclada pode atingir cerca de 60%. É o caso da Holanda (ZWAN, 1997), que já discute a certificação do produto (HENDRICKS, 1994) tendo se convertido em negócio. Embora observe-se no mercado movimentação de empresas interessadas em explorar o negócio de reciclagem de entulho, e não apenas o negócio de transporte, as experiências brasileiras estão limitadas às ações das municipalidades (PINTO, 1996), que buscam reduzir os custos e o impacto ambiental negativo da deposição da enorme massa de entulho (entre 0,7 a 1 ton/hab. ano, segundo HENDRICKS, 1994) no meio urbano.

Algumas municipalidades, como a de Belo Horizonte (CAMPOS; RESENDE & PINTO, 1994), operam plantas de reciclagem produzindo, principalmente, base para pavimentação, adicionalmente à tecnologia de reciclagem de entulho em canteiro para a produção de argamassas, aproveitando inclusive a atividade pozolânica conferida pela fração cerâmica (LEVY & HELENE, 1996).

Um dos problemas mais graves nos entulhos é a sua composição, que varia de acordo com a fase e o tipo de obra, afetando a qualidade das argamassas produzidas. A recente introdução maciça de gesso na forma de revestimentos ou placas é também um complicador. Contudo, esses problemas podem ser superados através da classificação de entulhos e seu manejo em pilhas, de forma a reduzir a variabilidade. Tais tecnologias somente são viáveis em centrais de reciclagem.

A reciclagem de pavimento asfáltico, introduzida no mercado paulistano, no início

da década de 90, é hoje uma realidade nas grandes cidades brasileiras, viabilizando a reciclagem, tanto do asfalto quanto dos agregados do concreto asfáltico. Nos EUA, a reciclagem da capa de asfalto atinge cerca de 82% (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 1993). O mesmo relatório mostra experiências na utilização de borracha de pneu, vidro e plásticos, entre outros, em pavimentação asfáltica.

Existe uma grande quantidade de resíduos com potencial de emprego na construção civil e que, ainda, são ignorados pelo mercado e até por pesquisadores brasileiros. Os resíduos derivados do saneamento urbano, ou seja, escória da incineração de lixo urbano domiciliar e lixo hospitalar, e o lodo de esgoto devem apresentar crescimento acentuado na sua produção em um futuro próximo, especialmente na cidade de São Paulo, onde inexistem áreas de deposição e onde está previsto o saneamento do Rio Tietê. A Sabesp já operou, em São Paulo, unidade de produção de agregado leve a partir de lodo de esgoto sintetizado, em uma tecnologia desenvolvida pelo IPT. Infelizmente o processo de produção foi descontinuado. A reciclagem de fosfogesso, resíduo da produção de adubos, já foi tentada no passado no Brasil. No entanto, os produtos apresentaram enorme tendência ao desenvolvimento de fungos na fase de uso e a tecnologia foi abandonada. Em algumas regiões, os fosfogessos são radiativos.

### **Pesquisa sobre Reciclagem no Brasil**

O desenvolvimento da reciclagem está estreitamente ligado às atividades de pesquisa. As diferenças entre os processos industriais, matérias-primas e técnicas de manuseio dos resíduos e de construção civil dificultam a simples importação de tecnologias. Provavelmente, a primeira pesquisa sistemática sobre o tema foi a de CINCOTTO (1988).

Outro marco importante foi o estudo de PINTO (1989), que deu início a uma série de trabalhos sobre desperdícios em construção, políticas municipais e técnicas de reciclagem de entulhos.

Uma visão das pesquisas em desenvolvimento na área pode ser encontrada em JOHN & ROCHA (1996). A tabela 2 resume a situação de pesquisa e desenvolvimento de alguns resíduos brasileiros.

