

A QUESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: UM BREVE ESTADO DA ARTE

*Daysa lone Braga Amadei**

*Juliana Alves Pereira***

*Rafael Alves de Souza****

*Karin Schwabe Meneguetti*****

Resumo: O setor da construção civil se encontra aquecido, sendo responsável por alavancar a economia, mas também tem sido um grande responsável pelos impactos ambientais. Isso porque o Resíduo de Construção e Demolição ocupa grande volume, cerca de metade do Resíduo Sólido Urbano, além de ser material inerte. Diante disso, o presente trabalho apresenta uma breve revisão do estado da arte dos Resíduos de Construção e Demolição, abordando suas origens, bem como sua caracterização, legislação e processo de gestão, fornecendo assim, uma explanação que venha a subsidiar ações que viabilizem o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Resíduos de Construção. Demolição. Construção Civil.

ABOUT CONSTRUCTION WASTE AND THE USE OF APPLICABLE MATERIALS

Abstract: The construction industry is currently thriving and is responsible for leveraging the economy, but it has also been responsible for a large environmental impact. This is because the demolition and construction waste from work projects creates a large volume; about half of the total of municipal solid waste and scrap materials. This paper presents a brief review of the state of the Construction and Demolition industries, discussing its history as well as its characterization, legislation and management processes, providing an explanation that will support the resulting programs that will enable sustainable use of applicable and useable materials.

Keywords: Construction waste. Demolition. Civil Construction.

Introdução

A partir do século XX, com a explosão demográfica situada principalmente nos centros urbanos, houve a conseqüente ampliação das construções civis. Com isso, a geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) tornou-se um grave problema, devido aos impactos que este ocasiona ao meio ambiente.

Após a 2ª Guerra Mundial, a gestão de Resíduos de Construção e Demolição ganha maior espaço, por conta da reconstrução da Europa. Há países que recuperam quase todo o montante gerado com obras, como a Holanda, que chega a reciclar cerca de 90% de todo seu RCD.

O setor imobiliário e o mercado da construção se encontram em alta e, com isso, a quantidade de entulho também. Somado a esse problema, a

falta de local para a deposição do material proveniente das obras têm sido de grande preocupação nos últimos dias.

Diante disso, há uma exorbitante quantidade de pesquisas e trabalhos nacionais e internacionais divulgados no mundo científico, que vão desde caracterização dos resíduos, diagnósticos, propostas de gestão, novas tecnologias de gerenciamento, avaliação de produtos reciclados, entre muitas outras linhas.

Antes de qualquer prática, é imprescindível o conhecimento técnico aprofundado sobre o assunto. Por isso, neste trabalho, é exposto um rol de informações sobre os Resíduos de Construção e Demolição, abordando desde a caracterização, a legislação pertinente, a geração, os impactos causados, gestão e até alguns produtos que utilizam o resíduo como material constituinte.

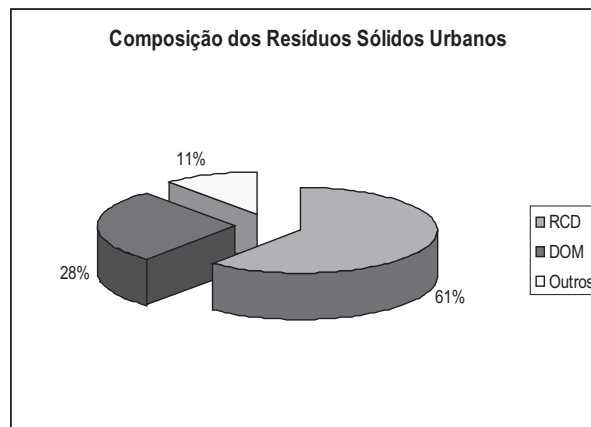
Resíduos de Construção e Demolição

Tanto os países desenvolvidos quanto alguns países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, estão sempre ampliando seu ambiente construído. Para tanto, tendem a consumir uma elevada quantidade de material e, por consequência, gerar uma quantidade grande de resíduos.

Ao analisar dados relacionados especificamente com a gestão dos RCD, Nunes et al (2004, p. 2) verificou que a grande maioria dos municípios brasileiros, 4.960 de 5.507, manejavam os resíduos da construção civil de forma incorreta levando a causar sérios problemas ambientais e de saúde pública.

O RCD tem sido problema, pois estima-se que este compõe de 41% a 70% de todo o resíduo urbano, como é possível visualizar no Gráfico 1, em que é nítida tal predominância. No Brasil, a geração de RCD varia de 230 kg/hab até 660 kg/hab (JOHN et al., 2000, p. 3).

Gráfico 1: Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos.



Fonte: PINTO, 2004, p. 1.

Geração

Até meados do século passado não se ouvia falar em Resíduos de Construção e Demolição, pois não havia indicadores para a ocorrência de perdas na construção civil e pouco se mensurava sobre a intensidade da geração de tais resíduos, sendo apenas era visivelmente notável o montante de entulho acumulado nos ambientes urbanos. No Brasil, é possível afirmar a significância das perdas na construção e quantificar a geração dos RCD, demonstrando sua supremacia na composição dos Resíduos Sólidos Urbanos.

John et al. (2000, p. 6) descrevem que o entulho é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções: fase de construção (canteiro); fase de manutenção e reformas; demolição de edifícios.

A fase de construção gera resíduos devido às perdas dos processos construtivos. Nesta etapa, Pinto (1999, p. 16) afirma que, nos moldes construtivos nacionais, a intensidade da perda esteja situada entre 20 e 30% da massa total de materiais, dependendo do patamar tecnológico do executor.

Por tal razão se faz tão importante a disseminação de ideias de redução de desperdício, este oriundo do retrabalho característico do processo construtivo. No Quadro 1, Souza et al. (1998) quantificaram a proporção de desperdício de cada tipo de material, todos com potencial de reaproveitamento.

Quadro 1: Perdas por tipo de material.

MATERIAIS	QUANTIDADE (%)
Concreto	9%
Aço	11%
Bloco e tijolo	13%
Cimento	56%
Cal	36%
Areia	44%

Fonte: SOUZA et al, 1998, p. 8.

Já na fase de manutenção e reformas, os resíduos gerados são decorrentes de modernização ou até mesmo de correção de defeitos e patologias da edificação. A redução quantidade de resíduos oriundos dessa fase exige melhoria da qualidade da construção, de forma a reduzir manutenção causada pela correção de defeitos; bem como o emprego de projetos flexíveis, que permitam modificações substanciais nos edifícios através da desmontagem para futura reutilização dos componentes não mais necessários; além do aumento da vida útil dos diferentes componentes e da estrutura dos edifícios (JOHN et al., 2000, p. 7).

A demolição é uma fase que gera uma grande quantidade de resíduos. John et al. (2000, p. 7) destacam algumas providências para a redução, tais como o prolongamento da vida útil dos edifícios e seus materiais com

aplicação de produtos de qualidade; incentivos para que os proprietários realizem modernização e não demolições; e controle na demolição que permita a reutilização dos componentes.

É importante salientar que, devido à variabilidade das situações, os construtores devem ter o conhecimento aprofundado de seus índices particulares e patamar tecnológico, de forma que venham a investir em melhorias para conquistar competitividade no mercado e racionalidade no uso dos recursos não renováveis.

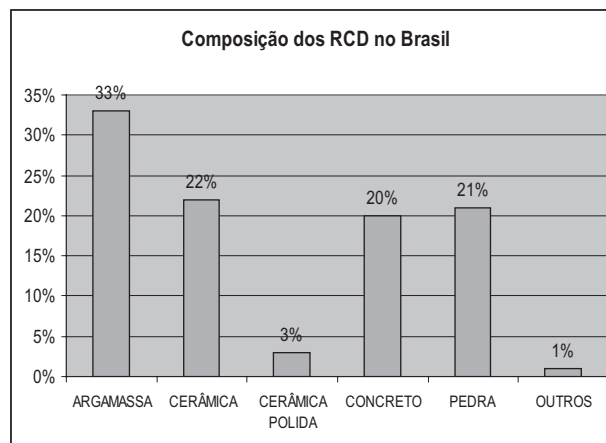
Caracterização

A composição dos RCD oriundos das diversas atividades de obra é diferente em cada região, pois cada local tem sua cultura, fazendo com que apresente grande diversidade de materiais e tecnologias empregadas. A madeira, por exemplo, é muito presente na construção americana e japonesa, tendo presença menos significativa na construção europeia e na brasileira; já o gesso, é um material fartamente encontrado na construção americana e europeia e só recentemente vem sendo utilizado de forma mais significativa no Brasil. Essa variação vale para todo tipo de obra, sejam edificações, infraestrutura viária, obras urbanas, e assim por diante.

John et al. (2000, p. 8) propõem a divisão dos RCD em: Solos; Materiais Cerâmicos (rochas, concreto, argamassa, cerâmica, gesso, vidro); Materiais Metálicos (aço, latão); Materiais Orgânicos (madeira, plástico, tintas, adesivos, papéis).

Num estudo elaborado por Vieira et al. (2004, p. 6), a composição do entulho no Brasil é, basicamente, de 60% de argamassa e concreto, 30% de componentes de vedação – tijolos, blocos, cacos cerâmicos, 9% de outros materiais (pedra, areia, metálicos e plásticos) e 1% de orgânicos. Obviamente que há pequenas diferenças para cada região. Num estudo realizado por Zordan (1997, p. 89), ao analisar os resíduos de algumas regiões brasileiras, o resultado adquirido foi:

Gráfico 2: Composição média do RCD no Brasil.



Fonte: ZORDAN (1997, p. 89), adaptado pelos autores.

A caracterização dos resíduos deve contemplar uma análise química completa do produto, como umidade e natureza dos materiais voláteis; análise da sua microestrutura, como a sua mineralogia e porosidade; análise física, como densidade, ponto de fusão e granulometria; e análise ambiental, para enquadrar na normalização vigente.

Legislação

Todo e qualquer tipo de resíduo deve ser classificados, do ponto de vista do risco ambiental, para que possam sofrer o correto destino e manuseio. No Brasil existe uma norma que trata da classificação dos resíduos sólidos, a NBR 10004 (2004), intitulada *Resíduos sólidos – Classificação*. De acordo com esta, os Resíduos de Construção e Demolição podem ser classificados como inertes. Isto se deve ao fato deste resíduo possuir componentes minerais não poluentes e ser praticamente inerte quimicamente (LEITE, 2001, p. 12).

Além das Normas Técnicas Brasileiras, também há a legislação do CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. A este órgão lhe cabe as competências de estabelecer critérios e normas visando a proteção ao meio ambiente. Diante disso, foi aprovada pelo CONAMA, no dia 5 de julho de 2002, a Resolução Nº 307, a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Tal Resolução afirma que o RCD representa um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas e que seus geradores são responsáveis. Ainda confirma a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil, salientando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

A Resolução 307/02 estabelece a classificação dos resíduos de construção e demolição como: CLASSE A - reutilizáveis ou recicláveis como agregados; CLASSE B - recicláveis para outras destinações; CLASSE C - para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação; e CLASSE D – perigosos oriundos do processo de construção. O Quadro 2 apresenta os componentes e o destino final para cada classe.

Quadro 2: Classificação e destinação de RCD conforme a Resolução 307

Classes e destinos de RCD - Resolução CONAMA nº 307		
Classes	Componentes	Destino
A	Cerâmicos, argamassa, concreto, solos e outros	Reutilizar ou reciclar na forma de agregados, ou encaminhar a aterro de resíduos da construção civil, dispondo de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura
B	Plásticos, papel e papelão, metais, vidros, madeiras e outros	Reutilizar, reciclar ou encaminhar para áreas de armazenamento temporário, permitindo sua utilização ou reciclagem futura
C	Gesso e outros	Armazenar, transportar e destinar em conformidade com normas técnicas específicas
D	Tintas, solventes, óleos e outros resíduos contaminados	Resíduos contaminados armazenar, transportar, reutilizar e destinar em conformidade com as normas técnicas específicas

Fonte: CONAMA (2002), adaptado pelos autores.

As medidas adotadas na condução de problemas relacionados aos RCD na atualidade são, em geral, de caráter emergencial e corretivo, em decorrência da falta de informações e despreparo por parte dos gestores em avaliar seus impactos. Uma possível solução seria o Estado, e até mesmo o CONAMA, oferece-se apoio técnico para a implantação desse sistema de gestão de RCD.

Impactos

Baseado nas pesquisas de Pinto (1999, p. 48) para cinco cidades médias – Ribeirão Preto, Jundiaí, São José dos Campos, São José do Rio Preto e Santo André, no estado de São Paulo –, a deposição irregular dos resíduos de construção variaram entre 10 e 47% do total gerado. Estes resíduos depositados irregularmente causam uma série de problemas ambientais, como enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano.

São inúmeros os impactos que os Resíduos de Construção e Demolição geram em diversas áreas:

- Ambientais: Ocupação de áreas naturais em baixadas, terrenos desocupados e fundos de vale, obstrução de rios e córregos que fazem a drenagem superficial das águas;
- Sociais: Há uma classe social de gestores e de coletores, sejam grandes ou pequenos, estes são responsáveis pelo RCD, mas, em geral, não possuem o conhecimento técnico necessário para a preservação sanitária e ambiental;

- Sanitários: A presença de RCD cria um ambiente propício para o desenvolvimento de vetores que exercem efeito deletério para o saneamento local;
- Visuais: A paisagem local fica comprometida;
- Econômicos: Altos custos para a realização da gestão corretiva dos Resíduos de Construção e Demolição.

Peng et al (1997, p. 55) avaliam o nível de impacto causado ao meio ambiente conforme a disposição de resíduos de construção e demolição. Dentro do modelo hierárquico apresentado, a redução da geração de resíduos se mostra como a alternativa mais eficaz para diminuição do impacto ambiental. Esta seria também a melhor alternativa do ponto de vista econômico. A simples movimentação de materiais de uma aplicação para outra, ou seja, a reutilização, também se apresenta como bom recurso na diminuição do impacto, pois esta decisão utiliza o mínimo de processamento e energia. Depois, vem a reciclagem dos resíduos, ou seja, a transformação destes em novos produtos. No plano inferior da hierarquia encontram-se: a compostagem, que consiste basicamente na transformação da parte orgânica em húmus para o tratamento do solo; a incineração, que pode extrair energia dos materiais sem gerar substâncias tóxicas, quando é cuidadosamente operacionalizada; e por fim o aterramento.

Ainda existem as conseqüências econômicas: a remoção dos resíduos acumulados irregularmente onera os cofres das prefeituras. Pinto (1999, p. 84) afirma que as estimativas variam entre US\$5,4/ton e US\$14,8/ton de RCD recolhido para diferentes cidades e sob diversas 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, o que permite estimar um custo de US\$30/ton.

Nesse contexto é indispensável que sejam adotados modelos de gestão apropriados e que sejam desenvolvidas técnicas e procedimentos que permitam o progresso desse setor indispensável ao desenvolvimento urbano, e que eliminem ou minimizem ao máximo seus impactos.

Gestão

No Brasil, até 2002 não havia políticas públicas para os resíduos gerados pelo setor da construção civil. São Paulo, a maior cidade brasileira, até então possuía a legislação municipal limitando-se a proibir a deposição de RCD em vias e logradouros públicos, atribuindo ao gerador a responsabilidade pela sua remoção e destinação (SCHNEIDER et al., 2004, p. 23).

A gestão de resíduos deve seguir a diretriz estabelecida pela Resolução 307/02 Conama, baseada nos princípios de redução, reutilização e reciclagem.

A solução para a gestão dos RCD deve ser capaz de integrar a atuação dos:

- Órgãos públicos municipais – responsável pelo controle e fiscalização sobre o transporte e destinação dos resíduos;
- Gerador de resíduos – responsável pela observância dos padrões previstos na legislação específica no que se refere à disposição final dos resíduos, fazendo sua gestão interna e externa.
- Transportadores – responsável pela destinação aos locais licenciados e apresentação do comprovante da destinação.

Schneider et al. (2004, p. 24) afirmam que o transportador privado é, provavelmente, um dos principais agentes causadores da deposição irregular de RCD em vias e logradouros públicos. Isso porque o transportador que deposita irregularmente RCD em vias e logradouros públicos próximos da região de geração minimiza seus custos de transporte e evita custos de deposição regular, transferindo estes para a sociedade. Esta situação possibilita a oferta de preços menores que os praticados pelo transportador que destina seus resíduos em distantes áreas licenciadas. Face à concorrência desleal, é grande a possibilidade dos transportadores cadastrados passarem à ilegalidade ou mudarem de ramo.

Quanto aos coletores, cabe a conscientização e conhecimento da legislação, apresentando-lhes as suas responsabilidades legais.

Por fim, cabe ao Poder Público colocar à frente gestores capacitados para fechar a cadeia da gestão. Sugere-se ainda a implantação de pontos de coleta específicos para RCD, onde seja realizada a triagem para a futura reciclagem. Apenas uma pequena parcela de todo o resíduo não é potencialmente reciclável, sendo então necessário seu encaminhamento a um aterro industrial licenciado.

Redução

A minimização das perdas de materiais se apresenta como a primeira e mais adequada alternativa para sanar o problema da geração de resíduos de construção, pois leva a uma utilização mais racional de recursos, bem como à redução nos custos dos empreendimentos e do gerenciamento dos resíduos que são ocasionados pelas edificações.

Grohmann (1998, p. 3) afirma que a Construção Civil destaca-se por ser um dos setores onde o desperdício é maior, explanando que com a quantidade de materiais e mão-de-obra desperdiçados em três obras, é possível a construção de outra idêntica, ou seja, o desperdício atingiria um índice de 33%. O desperdício que poderia ser reduzido ocorre tanto à materiais quanto à mão-de-obra.

O desperdício pode ser originado em todas as etapas do processo de construção civil, ou seja, planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução e uso e manutenção. Assim, ao contrário do que se acredita, os desperdícios da Construção Civil não ocorrem apenas

no momento da execução de uma obra, são decorrência de um processo formado de várias etapas e composto de diferentes empresas e pessoas.

A construção “sustentável” deve atentar para o conceito de “cadeia de gerenciamento integrada” que pode ser considerada como o fechamento do ciclo de vida de um produto, ou material, de forma que somente uma pequena quantidade de matéria-prima seja descartada e, ao mesmo tempo, se maximize a sua reutilização e reciclagem (LEITE, 2001, p. 15).

Reciclagem

O processo de Reciclagem na indústria da construção civil consiste em introduzir o resíduo no seu ciclo de produção em substituição total ou parcial de uma matéria-prima. Cabe aqui salientar que é diferente de Reutilização, sendo que esta última é caracterizada pelo emprego do resíduo em uso análogo ao seu primeiro ciclo de produção, sem que seja feito procedimento de beneficiamento.

A reciclagem é, depois da redução, a melhor alternativa para minimizar o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matéria prima e a geração desordenada de resíduos. Nos últimos anos a reciclagem de resíduos tem sido incentivada em todo o mundo, seja por questões políticas, econômicas ou ecológicas. A reciclagem de resíduos de construção diminui também os problemas com o gerenciamento dos resíduos sólidos dos municípios, pois proporciona um crescimento da vida útil dos aterros, a diminuição dos pontos de descarte clandestinos e a redução dos custos de gerenciamento de resíduos. Somado a isso, haverá um melhor bem estar social e ambiental (LEITE, 2001, p. 3).

A maior parte das cidades brasileiras adota o método da “Gestão Corretiva”. Esse modelo consiste na prática do aterramento de terrenos vagos, alagados, ao longo de corpos hídricos e em áreas periféricas urbanas com os resíduos oriundos da construção civil. Ou seja, trata-se de uma gestão que compreende a um conjunto de atividades não preventivas, mas sim corretivas, sendo repetitivas e onerosas. Esta solução, além de ser paliativa, promove um fluxo irracional dos resíduos, causando sérios problemas ao meio ambiente.

Cabe salientar que Ângulo et al. (2002, p. 2) expuseram uma análise da composição média dos RCD recebidos no antigo aterro de Itatinga da cidade de São Paulo, e que aproximadamente 95% destes resíduos são potencialmente recicláveis como agregados para a construção civil, resíduo da classe A na Resolução 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Ou seja, muito espaço ocupado por um material potencialmente reciclável.

John et al. (2000, p. 11) expõem os benefícios da reciclagem:

- Redução no consumo de recursos naturais não-renováveis;
- Redução de áreas necessárias para aterro;

- Redução do consumo de energia durante o processo de produção;
- Redução da poluição;
- Geração de emprego e renda.

Outra questão a ser considerada no processo de reciclagem é que, como qualquer outra atividade, esta também pode gerar resíduos, cuja quantidade e características também vão depender do tipo de reciclagem escolhida. Tais resíduos nem sempre são tão ou mais simples que aqueles que foram reciclados, é possível que se tornem ainda mais agressivos ao homem e ao meio ambiente do que o resíduo que está sendo reciclado. Dependendo de sua periculosidade e complexidade, estes rejeitos podem causar novos problemas, como a impossibilidade de serem reciclados, a falta de tecnologia para o seu tratamento, a falta de locais para dispô-lo e todo o custo que isto ocasionaria. Há a necessidade de considerar os resíduos gerados pelos materiais reciclados no final de sua vida útil e na possibilidade de serem novamente reciclados, fechando assim o ciclo.

Também há conscientização do consumidor que, em geral, no Brasil, acreditam que produtos reciclados são de qualidade inferior. Isso se deve à inexistência de marcas de qualidade ambiental de produtos que, diferente de outros países, as empresas brasileiras que eventualmente reciclem não utilizam sua contribuição ambiental como ferramenta de marketing.

Mas a reciclagem de uma parte significativa do RCD no Brasil vai depender de desenvolvimento de novos mercados, melhorias de processamento, desenvolvimento de tecnologias, e assim por diante. Alternativas viáveis e interessantes em outros países podem não ser a solução para a situação nacional, haja vista a existência da diferença nas técnicas construtivas aplicadas, resistência dos materiais empregados, bem como as diferenças de mercado. Baseado nisso, é fundamental que sejam exploradas as alternativas que o resíduo nacional dispõe.

Novos produtos

O mercado da construção civil se apresenta como uma das melhores alternativas para consumir materiais reciclados, pois a atividade de construção é realizada em qualquer região, o que já reduz custos como o de transporte. Outro fator que deve ser salientado é que os materiais necessários para produção da grande maioria dos componentes de uma edificação não precisam de grande sofisticação técnica. O raio de alcance que o resíduo beneficiado pode ter é um ponto importante no conjunto da análise da possibilidade de sua reutilização.

Algumas utilizações dos resíduos de construção já são bem difundidas, como a utilização em base e sub-base de pavimentos, produção de concretos sem fins estruturais, produção de blocos de concreto, utilização em projetos de drenagem, entre outros (LEITE, 2001, p. 4).

Pavimentação

O emprego de agregados reciclados como componentes básicos de pavimentos é uma prática muito disseminada principalmente de países europeus, da Austrália e dos Estados Unidos. Locais como esses criaram suas próprias especificações para controle de produção e aplicação de tais materiais, sendo assim, fazem uso de reciclados devido às boas propriedades e também pelo baixo custo tanto de produção como de execução da obra, sendo um campo de aplicação bastante interessante em pavimentos asfálticos e de cimento Portland, pois eles estabelecem boas bases granulares e estabilizadas, além de apresentarem potenciais para misturas de concreto asfáltico à quente e tratamentos superficiais.

Almeida et al. (2009, p. 3) afirmam que no Brasil também existem relatos da utilização de agregados reciclados dos mais variados tipos como componente de revestimento primário, de base, reforço de subleito e sub-base, proporcionando bons resultados no produto final. Assim a utilização de agregados reciclados para execução de pavimentos, apresenta sucesso e proporciona grandes expectativas e abrangência de aplicações para esse tipo de tecnologia.

Também tem-se presenciado a fabricação de blocos pré-moldados de concreto para pavimentação. Esses recursos aplicados normalmente em pavimentação urbana, vêm ganhando espaço no mercado da construção civil, isto devido à melhoria dos materiais aplicados em sua produção o que influencia na qualidade do produto, proporcionando durabilidade e alta resistência a esforços. Um bloco intertravado apresenta vantagens sobre os pavimentos tradicionais, pois não exige mão de obra especializada para execução, em caso de manutenção em redes de esgoto, esta pode ser feita apenas retirando os blocos assentados sobre um colchão de areia, evitando a perda do pavimento anterior, podendo ser liberado imediatamente após reparos, contribuindo assim com a segurança, estética, economia de instalação.

Após constatar a instalação de diversas recicladoras no país, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), publicou as primeiras normas nacionais que especificava prescrições técnicas referentes aos agregados provenientes da reciclagem. Estas tratam desde a instalação de recebimento do material até a aplicação destes em pavimentação ou em concretos sem função estrutural, sendo as seguintes normas:

- NBR 15113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Área da reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Considerando o estágio de conhecimento, a utilização de agregados de RCD reciclados como base de pavimentação é uma alternativa tecnologicamente consolidada, mas também é necessário que sejam desenvolvidas outros mercados para garantir a reciclagem em grande escala de RCD. Como o mercado de pavimentação é controlado quase que exclusivamente pelo setor público, a busca de outros mercados permitirá uma diversificação de clientes (ÂNGULO et al., 2002, p. 3).

Ângulo et al. (2002, p. 3) citam as vantagens da utilização do RCD na pavimentação:

- é forma de reciclagem que exige menor utilização de tecnologia, o que implica menor custo do processo;
- permite a utilização de todos os componentes minerais do entulho sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- economia de energia no processo de moagem do entulho;
- possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido;
- maior eficiência do resíduo quando adicionado aos solos saprolíticos em relação a mesma adição feita com brita.

Concreto e Argamassa

O mercado de produção de concretos e argamassas é o de maior participação nas vendas de agregados naturais, ou seja, grande consumidor de recursos naturais.

Para viabilizar o uso do reciclado em concretos é necessário que o material atenda a algumas especificações, de maneira a se tornar competitivo com o convencional. Embora as especificações variem de país para país, pode-se identificar exigências gerais a que qualquer agregado deve atender:

- ser suficientemente resistente para o uso no tipo de concreto em que for usado;
- ser dimensionalmente estável conforme as modificações de umidade;
- não reagir com o cimento ou com o aço usado nas armaduras;
- não conter impurezas reativas;
- ter forma de partículas e granulometria adequadas à produção de concreto com boa trabalhabilidade.

Os principais impedimentos para o uso de agregados reciclados são os teores de argamassa, de contaminantes, de materiais pulverulentos e valores de absorção de água e de massa específica.

Portanto é necessário que se faça a homogeneização dos agregados de RCD, de modo que os agregados produzidos a partir do entulho sejam devidamente segregados, pois cada material possui um comportamento ao confeccionar concreto. Sendo assim, é possível medir as quantidades necessárias de cada fração de entulho que pode entrar como substituição ou adição aos outros agregados empregados convencionalmente no concreto.

Essa é uma forma de uso simplificado dos agregados de RCD reciclados em concretos, através da substituição dos agregados naturais por agregados reciclados de qualidade definida em teores nos quais a influência no desempenho dos concretos seja desprezível. Ou seja, se o concreto comum é uma composição de cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água, o resíduo da construção, devidamente descontaminado, pode substituir parcialmente a areia e a brita.

As principais diferenças com relação aos agregados convencionais são:

- Maior absorção de água dos grãos;
- Heterogeneidade na composição;
- Menor resistência mecânica dos grãos.

Porém, baseado nas pesquisas de Levy (2002, p. 90), uma substituição de 20% de agregados de concreto ou de alvenaria reciclados, desde que isentos de contaminantes e impurezas, não afeta o comportamento dos concretos do ponto de vista de resistência mecânica e durabilidade se comparado aos concretos convencionais de referência. O autor concluiu que é possível o uso do agregado reciclado no concreto, pois, em proporções convenientemente dosadas, o material não afeta a resistência à compressão, tão pouco a durabilidade do concreto frente à corrosão das armaduras. Mas ressalta que, para tanto, é imprescindível que se dê importância primária para o tratamento dos resíduos, desde o beneficiamento, passando pela caracterização, até a fase de utilização dos agregados no concreto.

Considerações finais

O crescimento urbano é uma realidade, o que faz ser inevitável a geração de resíduos. A solução para acabar com esses resíduos não consiste em segurar o crescimento das cidades, mas em levá-las a se desenvolverem de maneira que o meio ambiente seja capaz de absorver seus impactos, ou seja, sustentável. A obra na cidade é uma imagem constante, e o que se tem presenciado é que, apesar do setor da construção civil ser um forte expoente na economia nacional, é também um grande responsável pelos impactos causados ao meio ambiente.

A quantidade de Resíduos de Construção e Demolição gerados no Brasil é muito alta se comparada com outros países, devido ao modelo construtivo predominante e materiais empregados. Somado à isso, a falta de gestores capacitados, disposições irregulares, geradores irresponsáveis, dentre outros inúmeros fatores, têm acarretado um grave problema ambiental, haja vista que o entulho ocupa em torno de 50% de todo o volume dos Resíduos Sólidos Urbanos, com o agravante de ser um material inerte.

A gestão deve focar três pontos: o Gerador, reduzindo a quantidade de resíduos gerados e realizando a segregação dos materiais, para a correta destinação; o Transportador, realizando a disposição correta e legal; e o

Poder Público, disponibilizando áreas, projetos e mão-de-obra qualificada para que seja feito o máximo reaproveitamento do material.

A confecção de novos produtos utilizando os resíduos de obras não só possível, como pode bem atingir qualidade e preço competitivos, sendo uma ótima alternativa social, econômica e, principalmente, ambiental.

Notas

* Daysa Ione Braga Amadei é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana-PEU, da Universidade Estadual de Maringá. E-mail: daysaamadei@gmail.com

** Juliana Alves Pereira é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana-PEU, da Universidade Estadual de Maringá. E-mail: georickk@yahoo.com.br

*** Rafael Alves de Souza é Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Civil-DEC, da Universidade Estadual de Maringá. E-mail: rsouza@uem.br

**** Kerin Schwabe Meneguetti é Prof^a. Dr^a. do Departamento de Engenharia Civil-DEC, da Universidade Estadual de Maringá. E-mail: fasimoes@uem.br

Referências

ALMEIDA, E. S.; COSTA, J. S. da. Caracterização de blocos intertravados confeccionados com rejeitos de piso cerâmico aplicados em calçamento urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 53, **Anais**. Guarujá: 2009.

ÂNGULO, Sérgio. **Variabilidade de agregados graúdos de Resíduos de Construção e Demolição reciclados**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ÂNGULO, Sérgio; JOHN, Vanderley ; KAHN, Henrique. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ibracon, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10004: **Resíduos sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº. 307**. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, nº. 136, Seção 1, p. 95-96, 2002a. Disponível em: <www.mma.gov.br/conama>. Acesso: 05 Maio 2010.

GROHMANN, Márcia. Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas de Santa Maria. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, Rio de Janeiro. **Anais** Rio de Janeiro: Abepro, 1998.

JOHN, Vanderley; AGOPYAN, Vahan. Reciclagem de Resíduos da Construção. In: SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, 2000, São Paulo. **Anais**. São Paulo: USP, 2000.

LEITE, Mônica. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LEVY, Salomon. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NUNES, Kátia Regina. Diagnósticos das gestões municipais de resíduos sólidos da construção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande, 2005.

PENG, C.; SCORPIO, D. E.; KIBERT, C. J. Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. **Construction Management and Economics**, 1997.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, Tarcísio de Paula. Resíduos da Construção Civil – Nova legislação permite rápido avanço para normas técnicas e novas soluções. In: SANEAMENTO AMBIENTAL: A HORA DA SOLUÇÃO, 2004, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: ASSEMAE, 2004.

SCHNEIDER, Dan; PHILIPPI JR. Arlindo. Gestão pública de Resíduos da Construção Civil no município de São Paulo. **Revista Ambiente Construído**, v. 4, n. 4, p. 21-32, out./dez. Porto Alegre, 2004.

SOUZA, Ubiraci Lemes. Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. **Revista Qualidade na Construção**, v. 2, n. 13. São Paulo, 1998.

VIEIRA, Geilma; DAL MOLIN, Denise. Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de Resíduos de Construção e Demolição. **Revista Engenharia Civil**, Uminho, v. 19. Uminho, Portugal, 2004.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. 140p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

Recebido em: maio de 2010.

Aprovado em: fevereiro de 2011.