

**ESTIMATIVA DA GERAÇÃO E DESTINAÇÃO
DO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA
CIDADE DE LAVRAS - MG**

JOSÉ ROBERTO TROCA

2007

JOSÉ ROBERTO TROCA

**ESTIMATIVA DA GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DO RESÍDUO DA
CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE LAVRAS - MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções e Ambiente, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes

Co-Orientador

Prof. Dr. Sebastião Pereira Lopes

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Troca, José Roberto

Estimativas da geração e destinação do resíduo da construção civil na cidade de
Lavras, MG / José Roberto Troca. -- Lavras : UFLA, 2007.

123 p. : il.

Orientador: Francisco Carlos Gomes.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Entulho. 2. Construção civil. 3. RDC. 4. Reciclagem. I. Universidade Federal
de Lavras. II. Título.

CDD-628.4

JOSÉ ROBERTO TROCA

**ESTIMATIVA DA GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DO RESÍDUO DA
CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE LAVRAS - MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções e Ambiente, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 2 de março de 2007.

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes

Prof. Dr. Sebastião Pereira Lopes

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Júnior

Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

A minha esposa, Zely Maria,
minhas filhas, Roberta e Bruna,
que fazem parte do meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

CONFIANÇA é uma das virtudes que todo homem deveria ter.

Foi esta virtude que o Prof. Francisco Carlos Gomes depositou em mim, para que o primeiro passo do Mestrado fosse dado.

ÉTICA é uma das virtudes que todo homem deveria ter.

Foi com esta virtude que o Prof. Sebastião Pereira Lopes possibilitou a co-orientação.

DEDICAÇÃO é uma das virtudes que todo homem deveria ter.

Foi com esta virtude que o Sr. Álvaro Roberto Sad, Secretário Municipal de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente da Prefeitura de Lavras, MG, beneficiando o município com esta pesquisa.

TOLERÂNCIA é uma das virtudes que todo homem deveria ter.

Foi com esta virtude que o Sr. Antônio Pereira Rosário, Prefeito Municipal de Tocos do Moji, MG, colaborou com esta dissertação.

SUMÁRIO

LISTAS DE SIGLAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Resíduos.....	4
2.1.1 Conceitos e significados.....	4
2.1.2 Resíduos da construção civil.....	6
2.1.3 Custos associados aos resíduos.....	10
2.1.4 Perdas e desperdícios na construção civil.....	12
2.1.5 Consumo de energia.....	14
2.1.6 Poluição ambiental.....	15
2.2 Classificação dos resíduos.....	16
2.2.1 Identificação dos tipos de resíduos.....	21
2.2.1.1 Provenientes de perdas na construção de edificações, pequenas reformas e demolições.....	21
2.2.1.2 Resíduos provenientes de demolição de pavimentos à base de concreto asfáltico.....	23
2.2.1.3 Resíduos provenientes de desastres envolvendo desabamento ou danificações de construções.....	25
2.2.1.4 Resíduos provenientes de limpeza de terrenos.....	26
2.2.2 Vantagens potenciais da reciclagem.....	27
2.2.3 Possibilidades de utilizar o agregado reciclado.....	30
2.2.3.1 Concreto estrutural armado.....	31

2.2.3.2	Concreto de baixo consumo não armado.....	31
2.2.3.3	Argamassa de assentamento.....	31
2.2.3.4	Argamassa de revestimento.....	32
2.2.3.5	Fabricação de pré-moldado de concreto.....	32
2.2.3.6	Pavimentação.....	33
2.2.3.7	Camadas drenantes.....	33
2.2.3.8	Cobertura de aterros.....	34
2.2.3.9	Gabião.....	34
2.3	A reciclagem de resíduos no Brasil.....	34
2.3.1	Reciclagem na cadeia produtiva da construção civil.....	35
2.3.2	Facilitadores da reciclagem na cadeia produtiva da construção civil.....	36
2.3.3	Dificuldades para reciclar.....	38
2.3.4	Proposta de metodologia para a reciclagem de resíduos.....	41
2.3.5	Estimando as quantidades.....	42
2.3.6	Alternativas tecnicamente viáveis de reciclagem.....	43
2.3.7	Viabilidade econômica.....	45
2.3.8	Aproveitamento de resíduos na construção.....	46
2.3.9	Conceituação.....	47
2.4	Equipamentos de britagem.....	48
2.4.1	Britadores de impactos.....	49
2.4.2	Britadores de mandíbulas.....	50
2.4.3	Moinhos de martelos.....	51
2.5	Variação do material britado.....	51
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
3.1	Identificação das áreas de deposição do RCD.....	54
3.2	Coleta de dados com as empresas transportadoras de entulhos.....	76
3.3	Questionário e entrevista com empresa de construção.....	77
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78

4.1 Estimativa da quantidade de RCD em novas construções.....	78
4.2 Estimativa do volume de RCD transportado por coletores privados.....	80
4.3 Cruzamento de dados - Estimados x Coletados.....	83
4.4 Resultado da pesquisa com as construtoras.....	86
5 CONCLUSÕES.....	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
6.1 Diretrizes para uma política de qualidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Lavras – MG.....	89
6.2 Estratégia de implantação das ações.....	91
6.3 Áreas de deposição para pequeno gerador de resíduo.....	93
6.4 Grande gerador de resíduo.....	95
6.5 A importância da fiscalização.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS.....	102

LISTAS DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP	Área de Preservação Permanente
Cetesb	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFC	Cloro flúor carbono
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Codema	Conselho Municipal de Desenvolvimento Ambiental
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Eletrobrás	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EPA	Environmental Protection Agency
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
I&T	Informações e Técnicas em Construção Civil
NBR	Norma Brasileira
Norie	Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RCD	Resíduo de construção e demolição
Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas
SLU	Secretaria de Limpeza Urbana
URPV	Unidade de recebimento de pequeno volume

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Estimativa da geração de resíduos da construção civil em diferentes países.....	08
TABELA 2 - Custos de gerenciamento de resíduos de construção em alguns municípios.....	12
TABELA 3 - Modelo para coleta de dados de entulho transportado.....	76
TABELA 4 - Alvarás emitidos entre Outubro/2005 à Setembro/2006...	78
TABELA 5 - Estimativa da quantidade de resíduos gerados por novas edificações formais e informais.....	80
TABELA 6 - Estimativa da quantidade do volume de RCD transportado.....	82
TABELA 7 - Estimativa final do volume de RCD gerado em Lavras, MG.....	84
TABELA 8 - Comparação das condições de geração de RCD em municípios brasileiros diversos.....	84
TABELA 9 - Resumo das respostas das empresas que responderam o questionário.....	86

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Contaminação de resíduos de construção e demolição por outros resíduos.....	19
FIGURA 2 - Mistura de componentes construtivos do resíduo de construção e demolição pela ausência de gestão em demolições.....	20
FIGURA 3 - Fluxograma da identificação de alternativas com potencial técnico através de consulta a grupo de especialista e seleção de alternativas mais viáveis a partir de análise ambiental, econômica, de saúde e técnica.....	30
FIGURA 4 - Rua Dr. Álvaro Botelho – abril/2005.....	55
FIGURA 5 - Rua Dr. Álvaro Botelho – setembro/2006.....	56
FIGURA 6 - Rua Alfredo Marani – abril/2005.....	57
FIGURA 7 - Rua Alfredo Marani – setembro/2006.....	58
FIGURA 8 - Rua Barbosa Lima – abril/2005.....	59
FIGURA 9 - Rua Barbosa Lima – setembro/2006.....	60
FIGURA 10 - Rua Júlia de Oliveira – abril/2005.....	61
FIGURA 11 - Rua Júlia de Oliveira – setembro/2006.....	62
FIGURA 12 - Av. Dr. Sílvio Menicucci – abril/2005.....	63
FIGURA 13 - Av. Dr. Sílvio Menicucci – setembro/2006.....	64
FIGURA 14 - Rua Belizandra Maciel – abril/2005.....	65
FIGURA 15 - Rua Belizandra Maciel – setembro/2006.....	66
FIGURA 16 - Rua Geraldo Ribeiro – abril/2005.....	67
FIGURA 17 - Rua Geraldo Ribeiro – setembro/2006.....	68
FIGURA 18 - Rua Aguinésio Franco de Carvalho – abril/2005.....	69
FIGURA 19 - Rua Aguinésio Franco de Carvalho – setembro/2006.....	70
FIGURA 20 - Rua 14 de Agosto – abril/2005.....	71
FIGURA 21 - Rua 14 de Agosto – setembro/2006.....	72

FIGURA 22 -	Rua Desembargador Alberto Luz – abril/2005.....	73
FIGURA 23 -	Rua Desembargador Alberto Luz – setembro/2006.....	74
FIGURA 24 -	Mapa de Lavras – Identificação das áreas de RCD.....	75
FIGURA 25 -	URPV – Unidade de recebimento de pequenos volumes..	95

RESUMO

TROCA, José Roberto. **Estimativa da geração e destinação do resíduo da construção civil na cidade de Lavras – MG.** 2007. 123 p. Dissertação (Mestrado em Construções e Ambiência) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG ¹

A geração e a destinação dos resíduos da construção e demolição (RCD) têm sido preocupações dos órgãos gestores nos últimos anos. O entulho da construção civil representa, cada vez mais, um problema no gerenciamento das grandes cidades, tanto pela quantidade gerada como pela deposição destes materiais. O seu diagnóstico é premissa básica para a adoção de políticas de reciclagem ou aproveitamento na região. Este trabalho teve como objetivo levantar a quantidade de resíduo de construção e demolição (RCD) gerado e transportado na cidade de Lavras, MG e a identificação das áreas de deposições e seu monitoramento. Com coletas de dados dos volumes gerados e entrevistas com as empresas no ramo de atividade em construção civil, podê-se traçar um perfil dos geradores de RCD. Assim sendo, a partir da Resolução 307 do Conama, verificou-se a necessidade de criar incentivos à reciclagem para minimizar os impactos ambientais. Este material vem se mostrando como de grande utilidade na própria indústria da construção civil, sendo usado como agregado para concretos e argamassas e obras de pavimentação. A tecnologia da reciclagem deste resíduo, no entanto, é ainda incipiente e precisa ser consolidada, principalmente tendo em vista as particularidades do entulho gerado no país. A quantidade estimada de RCD na cidade de Lavras foi de 56t/dia para o período estudado. Foram levantadas 10 áreas de deposição, das quais apenas duas são autorizadas. Constatou-se, ainda, que a geração de RCD, é, em sua maioria, de pequenas obras e que as construtoras ainda não dominam as práticas de redução de perdas no próprio canteiro de obras. Na gestão pública é necessário um sistema de gerenciamento que aplique técnicas de coleta, manejo e destinação correta do RCD. Com base nos custos levantados, verificou-se viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem que atenda à demanda da cidade e região.

PALAVRAS CHAVES: Entulho, construção civil, RDC, reciclagem.

¹ Orientador Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes – UFLA, Co-Orientador Prof. Dr. Sebastião Pereira Lopes – UFLA.

ABSTRACT

TROCA, José Roberto. **Estimates from generation and destination of civil construction residues in the town of Lavras – MG.** 2007. 123 p. Dissertation (Mastering in Constructions and Ambience) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.²

The generation and destination of construction and demolition residues (RCD) has worried the managing agencies during the last years. Rubbish from civil construction represents more and more a problem in the management of big cities, both for the amount generated and for the deposition of these materials. Its diagnosis is the basic premise for adopting recycling or reuse politics in the region. This paper aims to define the amount of construction and demolition residues (RCD) generated and transported in the town of Lavras, MG and to identify deposition areas and their monitoring. With data collection of the generated volumes and interviews with companies working in civil construction, a profile of RCD generators can be traced. Being so, from Conama's resolution number 307, the necessity to create incentives to recycling in order to minimize environmental impacts was verified. This material has been seen as of great use in civil construction industries, been used as an aggregate for concretes and mortar and pavement work. The technology for recycling this residue is still incipient and needs to be consolidated, mainly if we observe the particularities of the rubbish generated in the country. The estimated amount of RCD in the town of Lavras was 56t/day for the studied period. Ten deposition areas were checked; only two of them were authorized. It was also evidenced that the generation of RCD is, mostly, from small works, and the construction companies have not gotten the mastering of reducing losses on their own workplaces. In public management a management system which applies collect, handling and correct destination techniques for RCD is necessary. Based on costs a recycling factory that attends the demand of the town and region was considered viable.

KEY-WORDS: Rubbish, civil construction, RDC, recycling.

Guidance Committee: Francisco Carlos Gomes – UFLA (Major Professor), Sebastião Pereira Lopes - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das cidades brasileiras aumenta a demanda por novas moradias, ao mesmo tempo em que surge a construção de novas indústrias, estradas, obras de arte e obras de infra-estrutura, isso mostra a importância do ramo da construção civil no crescimento do país e a influência das construções no meio ambiente.

Tais projetos são desenvolvidos, geralmente, sem levar em conta os impactos ambientais que, cada vez mais, agredem o meio ambiente, principalmente pela produção de grande quantidade de entulho depositada em lixões e aterros sanitários. Parte dos materiais descartados pelas obras é abandonada em locais inadequados, quase sempre clandestinos, o que provoca dano às áreas sadias, como o seu esgotamento e a poluição de aquíferos.

Os danos ao meio ambiente assumem proporções maiores ao se considerar a produção total de entulho originada pelas perdas previstas em projeto, acrescida do desperdício ocasionado pela falta de processos construtivos racionalizados e ou industrializados, para a execução de obras civis. Também é produzido entulho em grande quantidade, que é descartado em aterros que não são preparados para esta finalidade. Além disso, em toda a vida útil de uma edificação, são gerados resíduos, seja na fase de manutenção, como na fase de reforma e adequação ao uso e até na fase de desocupação e demolição das construções.

A reciclagem é uma atividade que, por razões de ordem práticas e econômicas, é motivada desde a Antiguidade. A primeira aplicação significativa de entulho reciclado foi registrada após o final da 2ª Guerra Mundial, na reconstrução das cidades européias, que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e o escombros ou entulho resultante foi britado para produção de

agregados, visando atender à demanda na época. Assim, pode-se dizer que, a partir de 1946, teve o início do desenvolvimento da tecnologia de reciclagem do entulho de construção civil (John, 2000).

Atualmente, a busca por um modelo de desenvolvimento sustentável pode adicionar uma nova dimensão para a reciclagem. Trata-se da demonstração da importância potencial da reciclagem, da discussão dos limites de sua contribuição para o desenvolvimento sustentável, das condições que a reciclagem precisa atender para colaborar no desenvolvimento sustentável e do papel da construção civil, no afã de construir uma base de conhecimento que sirva de referência para a resolução dos problemas ambientais, tais como a poluição, o lixo e a geração de resíduos.

A partir da Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, 2002) e revisão da ampla bibliografia existente sobre RCD, verifica-se a necessidade da elaboração de um diagnóstico da situação atual do entulho nos municípios. Por meio dele, é possível conhecer o modo como municipalidade e iniciativa privada (construtores e coletores) vêm tratando o assunto, além de avaliar possíveis impactos ambientais, econômicos e sociais causados por deposições irregulares.

Neste trabalho, considerou-se a cidade de Lavras, MG como universo da pesquisa de campo, representado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, tendo como objetivos gerais:

- a) aprender a visão de diversos atores sociais envolvidos nas práticas de gestão em questão. Portanto, trata-se de uma pesquisa acadêmica que inclui diferentes olhares sob o mesmo fenômeno;
- b) centrar a atenção em diversos aspectos que circunscrevem a realidade investigada, políticas públicas, processo de reciclagem,

repercussões sócio-econômicas e ambientais associadas às práticas de gestão de resíduos oriundos das atividades de construção civil.

Visando o protocolo da pesquisa quantitativa e qualitativa, tomaram-se como objetivos principais:

- 1) estimar a quantidade de entulho gerado em Lavras, MG;
- 2) identificar atuais locais utilizados como depósitos de entulho da construção civil na cidade, legais e clandestinos, bem como os impactos por eles gerados, seja social econômico ou ambiental;
- 3) realizar pesquisa junto às principais construtoras atuantes na cidade para verificar os possíveis impactos que a Resolução 307 do Conama gerará em suas atividades e a existência de alguma política de gestão de entulho na própria obra;
- 4) pesquisar, junto aos proprietários de empresas de caçambas, dados sobre a quantidade de entulho recolhido e pontos de destinação por eles utilizados;
- 5) determinarão as demandas para instalação de uma usina de reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD) quanto à localização, espaço físico, equipamentos, capacidade e avaliação do custo do empreendimento, apresentando, inclusive, alternativas para implantação desta usina;
- 6) propor diretrizes que venham a corroborar com o destino correto do RCD de Lavras, MG.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos

2.1.1 Conceitos e significados

Etimologicamente a palavra entulho significa aquilo que resta de uma ruína ou desmoronamento, detritos, pedregulhos, caliça, tudo que contribui para atravancar, o que serve para tapar um fosso (Fontinha, 1990). Ou, ainda, na língua portuguesa, o entulho é entendido como: “pedregulhos, areia, terra, tudo quanto sirva para entupir, aterrar, nivelar depressão de terreno, escavação, fossa e vala” (Ferreira, 1995).

A etimologia da palavra resíduo mostra que a mesma vem do latim, *residuu* (m) e significa aquilo que resulta de uma reação química (Fontinha, 1990) e o significado na língua portuguesa é: “remanescente; aquilo que resta de qualquer substância; resto; o resíduo do que sofreu alteração de qualquer agente exterior, por processos mecânicos, químicos ou físicos” (Ferreira, 1995).

Os significados apresentados por Ferreira (1995) e por Fontinha (1990) sobre os termos entulhos e resíduos deixam claro que, desde os primórdios da linguagem escrita estruturada, a origem destas palavras firmou, ao longo do tempo, o conceito de que os materiais descartados pelas obras de construção civil e de infra-estrutura são entulhos e o conceito de resíduo para o lixo domiciliar e industrial.

Para o caso dos entulhos, os significados segundo Ferreira (1995) e Fontinha (1990) não mencionam outros materiais, como madeiras, vidros, concretos, argamassas, gesso, tintas e vernizes, solventes, papéis, plásticos, metais, materiais metálicos, fibras, cerâmicas, amianto e materiais betuminosos, que fazem parte dos rejeitos de construção e que reagem com outras substâncias

ao longo do tempo. Assim, é compreensível que a pessoa leiga no estudo dos rejeitos de qualquer natureza empregue os termos de maneira equivocada. Mas o mesmo ocorre com algumas definições dadas por alguns pesquisadores. A falta de pesquisas e de esclarecimentos sobre o que é um material inerte e um material reativo provoca desdobramentos que acabam por gerar agressões ao meio ambiente e à saúde pública.

A norma NBR-10004 (ABNT, 1987), define, em seu item 3.1: “resíduos sólidos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”. De acordo com esta definição, o entulho de construção pode ser entendido como o resíduo sólido proveniente de atividades de origem industrial e serviços de varrição. Entretanto, a prática demonstra que o tratamento dispensado aos materiais descartados pelas obras não considera o texto da definição da NBR 10004 (ABNT, 1987), pois não há, até o momento, uma norma ou legislação que disciplinem o emprego dos chamados materiais inertes de obras de construção, o manuseio, o gerenciamento e a deposição final do entulho.

A preocupação com resíduos, de maneira geral, é relativamente recente no Brasil. Ainda está em discussão uma legislação mais abrangente sobre resíduos e o Programa Brasileiro de Reciclagem encontra-se em fase incipiente. Apesar de algum avanço na reciclagem de resíduos domiciliares e na obrigatoriedade de recolhimento de pneus e baterias esta, certamente, ainda está longe de políticas mais abrangentes.

De acordo com Frangipane et al. (1999), citado por Pinto (1999), na Europa, a geração de lixo doméstico ou lixo sólido municipal varia de 296 a 631 kg/hab.ano. No Brasil, a Cetesb estima que o volume de resíduos sólidos domiciliares em cidades de mais de 500 mil habitantes seja de 0,7 kg/hab.dia ou 255 kg/hab.ano (Cetesb, 1999). No Canadá, o resíduo sólido municipal é estimado em 460 kg/hab.ano em 1996. Nos EUA, avalia-se que, no ano 1993, tenham sido produzidos 207 milhões de toneladas de lixo sólido municipal, cerca de 2,5 vezes mais que em 1960, atingindo 720 kg/hab.ano, (Pinto, 1999).

2.1.2 Resíduos da construção civil

A geração e o descarte de material de construção civil de maneira desordenada levam a sociedade a clamar por providências das autoridades governamentais e dos responsáveis pela geração de entulho, para que encontrem soluções que dêem a ele tratamento adequado. Por outro lado, observa-se uma crescente competição por espaço no mercado consumidor, o que se traduz numa preocupação das empresas em minimizar desperdícios, otimizar processos, reduzir custos e buscar a sua qualificação.

Embora a preocupação com as questões ambientais não seja recente, o entulho de obra praticamente não recebeu a devida atenção em todo esse tempo, permanecendo classificado como um material inerte e que causa pouco impacto ao meio ambiente, apesar da constatação de uma realidade adversa. Muitos países europeus estão se deparando com o problema do aumento do entulho das obras e com a falta de espaço para a sua deposição final. A proteção do solo e da água, a limitação da produção de entulho e o seu reutilizar são as chaves para a concepção do chamado “desenvolvimento sustentável”.

Os materiais descartados pela construção civil são partes dos resíduos sólidos urbanos que incluem também os resíduos domiciliares. Porém, para os

resíduos de construção e demolição e resíduos volumosos, há agravantes, como o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos ambientais que eles causam, dos custos sociais, dos custos envolvidos e, inclusive, no caso dos resíduos de construção e de demolição, das possibilidades de seu reaproveitamento. Isso faz com que gestores dos resíduos se apercebam da gravidade da situação unicamente nos momentos em que vêem a ineficácia de suas ações corretivas. O entulho, por outro lado, como alguns dos resíduos do lixo doméstico (papel, plástico e metal), apresenta condição potencialmente adequada para ser reciclado/reutilizado no setor da construção civil, para a produção de componentes de alvenaria, concreto e aplicação em pavimentação de vias públicas.

Poucos dados estão disponíveis sobre o volume de resíduos gerados no Brasil, destacando-se o inventário de resíduos elaborado pela Cetesb (1999) no estado de São Paulo, que estimou uma geração de 26 milhões de toneladas anuais de resíduos não inertes e perigosos. O macro complexo da construção gera resíduos na produção de materiais e componentes, na atividade de canteiro, durante a manutenção, a modernização e, finalmente, na demolição. As atividades de manutenção têm como causa tanto a correção de falhas de execução – conhecidas como patologias – quanto à necessidade de reposição dos componentes que atingiram o fim da sua vida útil, segundo John (1987).

Pinto (1999) estimou que, nas grandes cidades brasileiras, as atividades de canteiro de obras são responsáveis, por aproximadamente, 50% dos resíduos de construção e demolição (RCD), enquanto que a atividade de demolição e manutenção é responsável pela outra metade. Brossink *et al.* (1996), apresentaram estimativas de países da Alemanha e Europa Oriental, demonstrando que, aproximadamente, 2/3 dos resíduos são provenientes de manutenção e demolições e o restante de atividades de construção. Nos EUA, a *Environmental Protection Agency* (EPA, 1998) estima que apenas 8% dos

resíduos de construção sejam provenientes das atividades de construção, e que 33% provenham de demolições não residenciais. Naturalmente, as diferenças na participação de cada fonte refletem a importância relativa das atividades de construção, manutenção e demolições em cada economia e também da taxa de perda de materiais nas as atividades de construção.

A Tabela 1 resume as principais estimativas de produção de RCD encontradas na bibliografia. O valor de geração de resíduo depende da intensidade da atividade de construção em cada país, da tecnologia empregada, e das taxas de desperdícios e manutenção.

TABELA 1 – Estimativas da geração de resíduos da construção civil em diferentes países

País	Quantidade anual		Fonte	Observações
	t/ano	kg/hab		
Suécia	1,2 – 6	136 – 680	TOLSTOY et al. (1998); EU (1999)	1996
Holanda	12,8 – 20,2	820-1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK ; BROUWERS et al. (1996); EU (1999)	
EUA	136 – 171	463 – 584	EPA (1998); PENG et al. (1994)	1996
UK	50 – 70	880 – 1120	DETR (1999); LAURITZEN (1998)	1995, 1996
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359		1990-1992
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010	LAURITZEN (1998) ,	
Itália	35 – 40	600 – 690	EU (1999)	
Alemanha	79 – 300	963 – 3658		1994-1996
Japão	99	785	KASAI (1998)	1995
Portugal	3,2	325	EU (1999)	Exclui solos
Brasil	Na	230 – 660	PINTO (1999)	10 cidades

FONTE : John, 2000.

De maneira geral, o volume de RCD gerado nas cidades é equivalente ou superior ao dos resíduos sólidos municipais. Na Europa, a estimativa média de geração de entulho varia de 600 a 918 kg/hab.ano, superior à estimativa de 390 kg/hab.ano de resíduo sólido municipal (Lauritzen, 1998). No Brasil, o trabalho sistemático apenas se inicia e os dados disponíveis são os de Pinto (1999). Dada a inexistência de dados estatísticos, este autor propôs uma metodologia para estimar a geração de RCD em centros urbanos. Nas 10 cidades com população acima de 300 mil habitantes, estudadas por este autor, a geração de RCD variou de 230 a 760 kg/hab.ano, representando entre 41% e 70% do resíduo sólido municipal.

Produtos de diferentes origens e natureza podem ser identificados dentro do termo genérico resíduo de construção e demolição, que segundo Pinto (1999) podem ser: (a) solos; (b) rochas; (c) concreto, armado ou não; (d) argamassas à base de cimento e cal; (e) metais; (f) madeira; (g) plásticos diversos; (h) materiais betuminosos; (i) vidros; (j) gesso – pasta e placa; (k) tintas e adesivos; (l) restos de embalagens; (m) resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas; (n) cerâmica branca, especialmente a de revestimento; (o) cimento-amianto e (p) produtos de limpeza de terrenos, entre outros, em proporções variáveis de acordo com a origem.

O RCD tem constituição variável, depende da fonte geradora – construção ou reforma/demolição, fase da obra, tecnologia construtiva, natureza da obra, etc. Vários dados estão disponíveis, mas ainda não se dispõe de um estudo nacional mais abrangente. No entanto, os valores medidos no Brasil são similares à situação da Europa, mas muito diferentes da situação norte-americana. Nos EUA, o teor de madeira na massa entulho oriundo de construções de edifícios foi estimado em 30%. Segundo a mesma fonte, blocos de alvenaria e concreto representam entre 1% a 8% da massa de entulho em construções residenciais e 10% a 20% nas construções comerciais (Pinto, 1999).

Na maioria das normalizações internacionais, os resíduos de construção e demolição são considerados inertes apenas devido a uma exceção à regra de classificação de resíduos especificado na NBR-10004 (ABNT, 1987). No entanto, devido à sua composição variada, os resíduos de construção e demolição podem conter resíduos perigosos, como adesivos, tintas, óleo, baterias e biocidas incorporados a madeiras tratadas. Foram encontradas, nos lixiviados dos aterros, quantidades de substâncias tóxicas acima dos limites, o que permite levantar a suspeita de que esta exceção à regra pode ser revista em médio prazo. Não se conhece investigação similar no Brasil.

A deposição irregular do RCD é um fenômeno internacional e, no Brasil, tem importantes efeitos na qualidade ambiental urbana e nos custos das prefeituras. A deposição irregular do RCD na malha urbana tem sido relacionada com enchentes, causadas por assoreamento dos córregos por RCD, com prejuízos à paisagem, obstrução de vias de tráfego e com a proliferação de doenças. A coleta e o transporte do RCD para áreas de depósito cada vez mais afastadas das regiões centrais congestionam o tráfego. Além disso, o recolhimento do RCD depositado ilegalmente representa um custo significativo para os municípios. As estimativas de Pinto (1999) variaram entre US\$ 5,40/t de RCD e US\$ 14,80/t de RCD recolhido, para diferentes cidades e usando técnicas de recolhimento.

2.1.3 Custos associados aos resíduos

Os custos associados à prática atual de gestão de resíduos são partes fundamentais na avaliação da viabilidade econômica da reciclagem e no interesse do gerador em desenvolvimento de alternativas de reciclagem. Segundo Pinto (1997), a reciclagem leva à dispersão de materiais, ao contrário da simples deposição, que causa sua concentração. Boa parte das empresas não

realiza apropriação direta dos custos ambientais, especialmente porque os sistemas de contabilidade não prevêm esta rubrica. Segundo esse estudo, os custos ambientais podem chegar até a 20% dos custos totais e, via de regra, eles estão colocados em algum departamento, juntamente com custos de produtos e processos. Custos de contingência para eventuais atividades de remediação das áreas de deposição, multas ambientais, etc., que podem ocorrer, inclusive, por mudança futura na legislação não são considerados de forma direta. Os custos de disposição de resíduos em aterro incluem também embalagem, tratamento, transporte, licenciamento ambiental, etc. Além dos custos diretos, existem os custos indiretos, como o desgaste da imagem da empresa devido à sua gestão ambiental ineficiente, que podem levar aos confrontos com organizações sociais e perda de consumidores. Esse é um outro fator que pode determinar o interesse por uma tecnologia de reciclagem.

Por meio da reciclagem, pode-se obter material adequado à utilização em diversos serviços de construção. Pode-se obter também economia de recursos financeiros, pois, em geral, fica mais barato reciclar os resíduos do que gerenciar seu aterramento e sua remoção de locais irregulares. Segundo informações obtidas na empresa I&T – Informações e Técnicas em Construção Civil e na Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte (SLU-BH), o custo do agregado reciclado, em “bica corrida”, pode ser menor que R\$ 4,00 /t Silva (2005), bem inferior aos valores apresentados na Tabela 2, para gerenciamento dos resíduos³.

³ Custo para central de reciclagem sem peneiração, com capacidade de produção de 25 a 40 t/h.

TABELA 2 – Custos de gerenciamento de resíduos de construção em alguns municípios

Município	Fonte	Custo
Belo Horizonte (MG)	SLU – 1993	US\$ 07,92/t
São José dos Campos (SP)	I&T – 1995	US\$ 10,66/t
Ribeirão Preto (SP)	I&T – 1995	US\$ 05,37/t
São José do Rio Preto (SP)	I&T – 1997	US\$ 11,78/t

Fonte: I&T – Informações e Técnicas em Construção Civil (São Paulo/SP)

Estes são um dos fatores que encorajam muitas administrações municipais a buscarem a implantação da reciclagem de resíduos de construção, atualmente. Em outros países, a reciclagem já é praticada a mais tempo, estando mais avançada. Pinto (1997) apresenta relação de municípios envolvidos com a reciclagem de resíduos de construção: Belo Horizonte (MG), Londrina (PR), Muriaé (RJ), Piracicaba (SP), Ribeirão Preto (SP), São José dos Campos (SP), São Paulo (SP). Conforme entrevista do pesquisador Pinto (1999), realizadas no primeiro semestre de 1999, obteve-se relação de outros municípios que desenvolvem estudos para a implantação da reciclagem dos resíduos de construção. São eles: Brasília (DF), Campo Grande (MS), Cuiabá (MT), Jundiá (SP), Ribeirão Pires (SP), Santo André (SP), Salvador (BA), São Bernardo do Campo (SP), São José do Rio Preto (SP).

2.1.4 Perdas e desperdícios na construção civil

As perdas de materiais durante o processo de construção aumentam o impacto ambiental, pois consistem em um consumo de materiais além do necessário à produção (ou manutenção) de um bem. Em qualquer processo, devido à variabilidade natural, é inevitável que ocorra um determinado volume

de perdas. A fração das perdas que excede a este limite mínimo característico da tecnologia é considerada desperdício. Os limites entre perda inevitável e o desperdício são difíceis de estabelecer e, para uma mesma tecnologia, variam com características regionais e no tempo. Parte das perdas permanece incorporada ao edifício na forma de espessuras excessivas e outra parcela é retirada na forma de resíduo de construção.

As perdas têm origem nas diferentes etapas do ciclo de vida do edifício. A fase de planejamento, por exemplo, pode ser responsável por desperdício ao decidir a construção de uma estrutura não necessária. Na fase de projeto, a seleção de uma tecnologia inadequada ou o superdimensionamento da solução construtiva também podem causar desperdício ou necessidades de re-trabalho. A fase de execução é certamente geradora da parcela mais visível das perdas, inclusive porque é somente nesta fase que as decisões anteriores ganham dimensões físicas, consumindo recursos naturais.

A mais importante pesquisa sobre perdas na construção realizada no Brasil, financiada pelo Programa HABITARE⁴, contou com a participação de 18 universidades e 52 empresas (Agopyan et al., 1998). A principal revelação da pesquisa talvez seja a grande variação nas perdas entre as diferentes empresas e canteiros de uma mesma empresa, durante a fase de execução, algumas vezes da ordem de 100 vezes. Esta variação revela o potencial para a redução das perdas sem mudanças da base tecnológica. Admitindo que 50% do cimento brasileiro seja utilizado em atividades de construção de edificações e que estas atividades possuem perdas médias igual a 56%, pode-se estimar que, se as perdas fossem reduzidas para 6% (valor mínimo encontrado na amostra), seria possível aumentar em 25% a produção de edificações, mantendo-se constante a produção de cimento.

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

2.1.5 Consumo de energia

O macro complexo da construção civil e os seus produtos, particularmente os edifícios, consomem grandes quantidades de energia, desde a construção até, e principalmente, na sua fase de uso. A produção de materiais consome considerável quantidade de energia, especialmente quando se leva em conta o volume de produção. Poucos dados estão disponíveis no Brasil.

O simples conteúdo de energia por unidade de massa dos materiais não constitui, em si, um indicador do seu impacto ambiental, porque existe significativa diferença de eficiência entre os diferentes materiais para uma mesma função. Assim, o importante é a quantidade de energia ou material necessária para cumprir determinada função. Outro aspecto que também deve ser considerado é que diferentes materiais vão apresentar diferentes durabilidades (ou vidas úteis) em ambientes diferentes. Desta forma, uma durabilidade elevada pode compensar um elevado consumo de energia e vice-versa.

O consumo de energia durante a fase de uso das edificações, em iluminação, operação de equipamentos e condicionamento ambiental, pode ser até mais importante que o consumo da fase de construção. No Brasil, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica estima que as edificações sejam responsáveis por 42% do consumo de energia elétrica, dos quais 17% destinam-se à iluminação, incluindo a pública (ELETROBRÁS, 1998).

Mesmo em habitações populares, o custo da energia durante a vida útil de 50 anos pode ser maior que o preço pago pela unidade habitacional (excluindo o terreno). Admitindo-se um consumo mensal de R\$ 20,00 de energia elétrica, o total gasto em 50 anos é de R\$ 12.000,00, superior ao preço médio das habitações populares. Em edifícios comerciais, especialmente aqueles com

ar condicionado central, a simples adoção de equipamentos mais eficientes, combinada com projeto adequado da fachada, pode resultar em reduções no consumo de energia de até 50% (Eletrobrás, 1998).

2.1.6 Poluição ambiental

O macro complexo da construção civil também é um gerador de poluição ambiental. As atividades de canteiro geram, entre outros, poluição sonora e material particulado respirável, esta última uma fonte séria de poluição do ar.

Material particulado também é gerado no processo de extração de agregados e moagem de matérias-primas, como o cimento e a cal. A produção de uma tonelada de cal hidratada cálcica ($\text{CaO.H}_2\text{O}$) libera, aproximadamente, 785 kg de CO_2 para a atmosfera, sem contar o CO_2 liberado pela queima de combustível. Embora muito inferior ao volume de CO_2 gerado pelos automóveis e caminhões, a massa de CO_2 gerado pela indústria cimenteira é significativa, especialmente no Brasil, onde a produção de cimento contribui, atualmente, com 6% a 8% do CO_2 emitido, segundo John (2000).

Mesmo aspectos considerados menores, do ponto de vista do processo construtivo, como a contaminação de água pela limpeza de caminhões betoneiras ao final do dia de trabalho, têm recebido atenção de pesquisadores. A perda de cloro flúor carbono (CFC), fluido refrigerante ainda utilizado na maioria dos aparelhos de ar condicionado, é um outro exemplo de poluição gerada pelos produtos da construção.

2.2 Classificação dos resíduos

Para que se proponham classificações para os resíduos de construção a serem recebidos nas recicladoras ou para os agregados reciclados a serem produzidos, são necessários que se analisem os principais tipos de resíduos gerados no país, os quais apresentam características diferenciadas que interferem nas propriedades do reciclado e nos procedimentos de reciclagem.

Os resíduos podem, em uma primeira avaliação, ser classificados como:

- a) perigosos, em diferentes graus;
- b) não perigosos.

A NBR 10004 (ABNT, 1987) define três categorias de resíduos sólidos, que são:

- a) resíduos perigosos - Classe I, categoria da qual exclui expressamente os resíduos dos tratamentos de esgotos, resíduos sólidos domiciliares e os resíduos da construção civil;
- b) resíduos não inertes ou de Classe II;
- c) resíduos inertes, de Classe III, definidos como aqueles que em ensaio de solubilização dos resíduos, após 7 dias, a água solubilizada apresenta condições de potabilidade, exceto pela cor.

A norma apresenta uma lista de resíduos sólidos reconhecidos como perigosos e uma metodologia, projetada para avaliar os riscos de contaminação pela deposição destes resíduos em aterro. No que toca à toxicidade, a hipótese central é a de que a percolação da água de chuva pelo aterro causaria a

solubilização e a lixiviação de parcela dos resíduos, contaminando o lençol freático.

Outra forma de classificar os resíduos é segundo a sua origem. O resíduo pós-consumo são os resíduos resultantes do consumo de um bem. Como característica típica, eles são gerados de maneira difusa no ambiente construído. Eles são geralmente, confundido com o resíduo sólido municipal. Eventuais tratamentos desses resíduos dependem do sistema de coleta, que pode ser dispendioso. Assim, a reciclagem de resíduo pós-consumo é viável, quando o valor agregado ao produto é elevado. Isso explica o sucesso da reciclagem das latas de alumínio e o pouco sucesso da reciclagem das embalagens de Tetrapack. Já os resíduos industriais são aqueles gerados em uma atividade produtiva. Via de regra, esses resíduos têm sua geração concentrada, sendo mais fácil a sua recuperação.

Na gestão de resíduos vigora uma hierarquia de objetivos:

- reduzir a geração do resíduo na fonte;
- reutilizar o resíduo;
- reciclar;
- incinerar recuperando a energia;
- depositar em aterros sanitários.

Esta hierarquia está presente nas principais legislações relativas a resíduos e vem sendo aceita sem maiores questionamentos. Esta formulação foi, provavelmente, elaborada a partir da experiência com os resíduos sólidos municipais, em que, do ponto de vista do município, a redução do volume de resíduo implica em uma redução direta no custo e no impacto ambiental do sistema.

Esta hierarquia, em tese, é questionável, uma vez que a melhor alternativa é, por definição, aquela de menor impacto ambiental global e é perfeitamente possível imaginar que existam situações em que a redução do volume de resíduos pode resultar em um impacto ambiental maior do que o benefício obtido. Por exemplo, muitas vezes, técnicas de reciclagem requerem um volume mínimo de resíduo disponível em determinada região e uma concentração mínima da fase a ser reciclada no resíduo total. Nesta situação, pode ser desejável um aumento na produção do resíduo ou da concentração da fase a ser reciclada, de maneira a tornar economicamente viável a sua reciclagem e assim, evitar a deposição do resíduo em aterro.

Considerado em um processo tradicional como um estorvo ou problema, o resíduo, especialmente se não perigoso, não é freqüentemente tratado como produto. Os processos de gestão do resíduo afetam as características dos resíduos, incluindo as possibilidades de reciclagem. Algumas vezes, os resíduos recebem tratamentos para facilitar o seu manuseio. Os processos de transporte e estocagem dos resíduos gerados afetam decisivamente sua reciclagem, pois resíduos de natureza diferente são freqüentemente misturados nessas etapas, o que provoca contaminações recíprocas.

Exemplo – resíduo de construção e demolição (RCD)

No caso de resíduos de construção e de demolição, por exemplo, caçambas colocadas junto ao meio-fio são contaminadas por outros tipos de resíduos, como restos de comida e até de móveis velhos (Figura 1).



FIGURA 1 - Contaminação de resíduos de construção e demolição por outros resíduos

Fonte: Coletânea Habitare (2003)

A existência de tubulação de descida de resíduos única e de caçamba única faz com que as caçambas de resíduos de canteiros de obra misturem fases diferentes, geradas de forma separada, o que dificulta a reciclagem.

Problema similar ocorre durante a demolição de forma convencional no Brasil (Figura 2). Dessa forma, o resíduo de construção e demolição disponível é um resíduo misto de concretos, alvenarias, revestimentos e outros com menores possibilidades de utilização. Em outros países, peças estruturais de concreto são separadas, por prática de demolição seletiva.



FIGURA 2 - Mistura de componentes construtivos do resíduo de construção e demolição pela ausência de gestão em demolições
Fonte: Coletânea Habitare (2003)

A reciclagem de resíduos exige que os procedimentos de manejo e estocagem passem a ser controlados, alterando processos internos de uma instalação industrial. Essas alterações podem ser difíceis de serem implantadas por limitação de espaço, de custo ou, até mesmo, por motivos culturais.

2.2.1 Identificação dos tipos de resíduos

2.2.1.1 Provenientes de perdas na construção de edificações, pequenas reformas e demolições

Resíduos provenientes de perdas na construção, pequenas reformas e demolições, são gerados em obras de portes distintos, de pequenas reformas a grandes construções. São os resíduos com maior presença nas centrais de reciclagem em operação, juntamente com os provenientes de demolições.

a) Composição

São compostos, predominantemente, de argamassa e componentes de alvenaria (blocos e tijolos), com pequena participação de concreto, peças cerâmicas (telhas, azulejos, pisos e revestimentos), areia e pedra, vidro, etc.

b) Impurezas

Podem conter teores significativos de impurezas, dependendo da etapa da construção em que foi gerado ou da forma como foi retirado. As principais impurezas são: terra, restos de vegetação, madeira, metais, papel e plástico. Podem conter gesso, o que pode ser prejudicial para a qualidade do reciclado. A quantidade de vidro é pequena, assim como de materiais betuminosos.

c) Facilidade de separação das impurezas e dos diferentes tipos de resíduos presentes

Em geral é possível separar dois conjuntos de materiais, que são: materiais recicláveis, como restos de alvenaria, concreto, outros materiais minerais inertes como agregados, cerâmicos etc. e impurezas, como terra, madeira, papel, metais, plástico, etc. Pode-se obter material sem impurezas, sem grandes dificuldades operacionais ou sobre custos, se isto for uma preocupação da gerência da obra em que o resíduo foi gerado. A separação por tipos (alvenaria, cerâmicos etc.) seria possível nas grandes obras, se fosse um dos objetivos da gerência. Nas pequenas obras, isso poderia não ser viável, pelo aumento de custos de retirada e pela baixa disponibilidade de materiais e de mão-de-obra.

d) Tamanho das peças

Em geral, as peças apresentam dimensão máxima de 20-30 cm, sendo adequadas ao processamento na maioria dos equipamentos de reciclagem, sem necessidade de partição prévia.

e) Adequação à reciclagem

Pela composição, facilidade de separação de impurezas e dimensões das peças, este tipo de resíduo é um dos mais adequados à reciclagem no Brasil, atualmente.

Não é muito atraente a separação conforme a resistência. Para isso seria necessário que os resíduos chegassem às recicladoras já classificados. A separação na central de reciclagem, da maneira como o resíduo é recebido atualmente, aumentaria os custos de produção, já que seria necessário o aumento da equipe e modificações nos procedimentos operacionais.

f) Usos possíveis do agregado reciclado

O agregado reciclado é composto por materiais distintos, que apresentam grande variação de resistência mecânica e outras propriedades físicas e químicas. É possível obter reciclado com composição relativamente homogênea, mas suas características são determinadas pelos materiais, como argamassas e cerâmicos, que apresentam resistências mecânicas relativamente baixas, altas taxas de absorção e alto teor de finos.

Em função disso, os usos indicados para o agregado reciclado são principalmente, pavimentação, fabricação de peças de concreto, concretos de baixos e médios consumos (para uso em calçadas, contra pisos e similares), argamassas de assentamento em alvenaria de vedação, argamassas para revestimentos, além de outros usos simplificados do agregado a granel como camadas drenantes.

2.2.1.2 Resíduos provenientes de demolição de pavimentos à base de concreto asfáltico

Algumas empreiteiras reciclam parte dos pavimentos em reforma no próprio local, mas parcela do antigo pavimento acaba sendo descartada, podendo ser reciclada.

a) Composição

Em geral, este tipo de resíduo é composto de concreto asfáltico, pedra britada e, eventualmente, concreto convencional (proveniente de peças como guias, sarjetas, etc.).

b) Impurezas

As principais impurezas são terra e matéria vegetal, podendo haver também outros materiais, dependendo da forma como o resíduo foi retirado do local.

c) Facilidade de separação das impurezas e dos diferentes tipos de resíduos presentes

Se houver preocupação de obter material sem impurezas, isto é viável.

d) Tamanho das peças

Pode haver peças de dimensões não adequadas ao equipamento de reciclagem (placas de concreto asfáltico), que necessitem de partição prévia.

e) Adequação à reciclagem

Pela composição e dimensões das peças, este tipo de resíduo é adequado à reciclagem no Brasil atualmente, para a produção de tipo específico de agregado reciclado para pavimentação.

f) Usos possíveis do agregado reciclado

Pela presença de concreto asfáltico e de pedras britadas, o agregado reciclado obtido de restos de pavimentos deve ser utilizado em pavimentação (base, sub-base e cobertura de ruas sem pavimentação asfáltico). Pode ser utilizado a granel, em alguns serviços específicos, como cobertura de aterros.

2.2.1.3 Resíduos provenientes de desastres envolvendo desabamento ou danificações de construções

Os resíduos provenientes de desabamentos apresentam características muito parecidas com resíduos de demolição, possivelmente com maior presença de impurezas, devido ao fato das edificações estarem ocupadas por móveis e/ou equipamentos em alguns casos. A reciclagem de resíduos de obras desabadas em que morreram pessoas pode gerar preconceito contra o agregado reciclado, como já aconteceu em outros países.

a) Composição

São compostos, predominantemente, de argamassa e componentes de alvenaria (blocos e tijolos), com pequena participação de concreto, peças cerâmicas (telhas, azulejos, pisos e revestimentos), areia e pedra, vidro, etc.

b) Impurezas

Pode conter teores significativos de impurezas, dependendo do uso da obra antes do desastre, da magnitude do desabamento e da forma como os escombros foram retirados e estocados. As principais impurezas são: madeira, metais, papel, plástico, tecido e outros materiais.

c) Facilidade de separação das impurezas e dos diferentes tipos de resíduos presentes

Em geral é possível separarem-se dois conjuntos de materiais: materiais recicláveis: como restos de alvenaria, concreto, argamassas, outros materiais minerais inertes, como agregados, cerâmicos, etc. e impurezas: como terra, madeira, matéria vegetal, papel, metais, plástico etc. Se houver preocupação dos operadores, é possível a separação de parte dos materiais recicláveis das impurezas.

d) Tamanho das peças

Em alguns casos, é necessária a partição prévia de peças de concreto ou de alvenaria para a adequação aos equipamentos de reciclagem.

e) Adequação à reciclagem

Pela composição e dimensões das peças, este tipo de resíduo é adequado à reciclagem.

f) Usos possíveis do agregado reciclado

O agregado reciclado apresenta características muito parecidas às dos resíduos de demolições, e é adequado aos mesmos usos.

2.2.1.4 Resíduos provenientes de limpeza de terrenos

São resíduos provenientes da limpeza de terrenos, compreendendo, muitas vezes, retirada da vegetação, raspagem do solo e demolição de pequenos serviços como muros, etc. Este tipo de resíduo não é processado pelas centrais de reciclagem, podendo ser objeto de ações para a sua captação racional,

estocagem e reutilização, evitando que seja colocado nos aterros, caso isto não seja desejável. Na maioria dos municípios, há grande oferta deste tipo de resíduo, assim como demanda significativa, para cobertura de aterros, regularização de terrenos e outros serviços.

a) Composição

É composto, predominantemente, de terra e vegetação, podendo conter altos teores de outros materiais como metais, restos de edificações, outros resíduos, etc.

2.2.2 Vantagens potenciais da reciclagem

Além de ser uma opção em relação às demais, a reciclagem de resíduos apresenta várias vantagens potenciais, do ponto de vista da sustentabilidade. No entanto, a vantagem ambiental de um processo de reciclagem, somente pode ser dada como certa após análise específica realizada por meio de ferramentas, como a da análise do ciclo de vida. Um dos graves riscos, quando se produzem novos materiais a partir de resíduos, é a contaminação ambiental interna e externa das construções que usam estes resíduos.

A primeira e a mais visível das contribuições ambientais da reciclagem é a preservação de recursos naturais, substituídos por resíduos, prolongando a vida útil das reservas naturais e reduzindo a destruição da paisagem, flora e fauna. Esta contribuição é importante, mesmo nos casos em que os recursos naturais são abundantes.

A redução do volume de aterros e a incineração nem sempre são consideradas quando se analisa o impacto ambiental da reciclagem. Aterros, especialmente aqueles com resíduos perigosos ou não inertes, concentram

substâncias químicas em níveis que se tornam perigosas e podem contaminar o lençol freático. Muitos resíduos são estáveis e as estruturas e o risco representado pelos aterros sanitários permanecerão ativos por centenas de anos.

A reciclagem de resíduos, na maior parte dos casos, permite a redução do consumo energético para a produção de um determinado bem porque, muitas vezes, os materiais já incorporam energia. Este é o caso da reciclagem do aço, do alumínio e, mesmo da escoria de alto forno e da cinza volante como aglomerante. Na indústria cimenteira, este fato já é conhecido, pelo menos desde 1981. Outras vezes, resíduos de composição parcialmente orgânica servem de fonte de energia, além de acrescentar massa ao produto final, como é o caso da casca de arroz, que contém cerca de 20% de cinza de composição predominante silicose. John (2000) citado Marciano e Khiara (1997), estima 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 pneu e borrachas, cascas de babaçu, entre outros. É também necessário lembrar que a deposição de um resíduo em um aterro também envolve consumo de energia, com o transporte e gestão do aterro.

A distância de transporte, a energia necessária para limpeza e classificação de um resíduo de forma a viabilizar a reciclagem e até mesmo a tecnologia envolvida na reciclagem podem torná-la ambientalmente indesejável. Ela, muitas vezes, permite também a redução da poluição emitida para a fabricação de um mesmo produto John (1999), estima que, em 1996, a indústria cimenteira brasileira, ao adotar a reciclagem maciça de cinzas volantes e escórias granuladas de alto forno básicas, além da calcinação de argilas e adição de filler calcário, reduziu a geração de CO₂ em 29%.

A reciclagem também permite a geração de empregos e aumenta a competitividade da economia. A reciclagem pode reduzir os custos da proteção

ambiental ou, até mesmo, viabilizar grau de proteção ambiental superior, pois permite gerar valor a partir de um produto que antes se constituía em despesas.

Segundo John (2000), a maneira mais prática de reunir grande variedade de conhecimento é envolver no processo uma equipe multidisciplinar, para analisar as características dos resíduos e, com base na sua experiência pessoal, sugerir de forma intuitiva, alternativas de reciclagem (Figura 3). Devem ser identificadas etapas industriais, necessidades ou possibilidades de segregação de fases, geração de resíduos durante o processamento, possíveis emissões aéreas ou aquosas para o ambiente, dificuldades esperadas no processo de pesquisa e desenvolvimento, ensaios adicionais necessários à formulação de uma opinião mais definitiva para cada aplicação, sugestões de alterações no processo de geração ou gestão do resíduo, etc. A equipe envolvida deve ser a maior, a mais variada, em termos de especialidades de engenharia e a mais experiente possível. O contato com os membros pode ser feito individualmente, pelo pesquisador-líder, que questiona, estimula cada participante e, finalmente, organiza e sistematiza as idéias. Nessa fase, idéias não devem ser descartadas por serem de difícil aplicação. Na etapa seguinte, organizam-se conjuntamente essas idéias e informações.

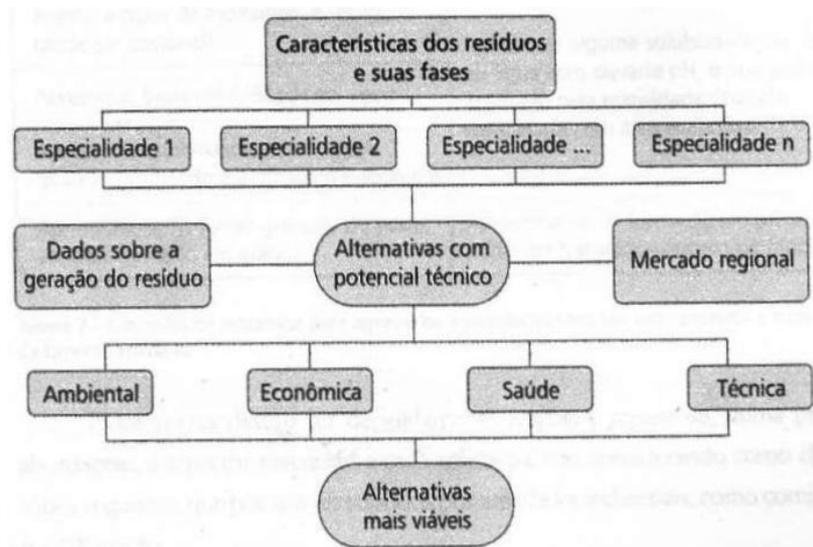


FIGURA 3 - Fluxograma da identificação de alternativas com potencial técnico através de consulta a grupo de especialistas e seleção de alternativas mais viáveis a partir de análise ambiental, econômica, de saúde e técnica
 Fonte: Coletânea Habitare (2003)

2.2.3 Possibilidades de utilizar o agregado reciclado

Neste item são apresentadas considerações gerais sobre a adequação do reciclado a alguns serviços de construção. Avaliou-se a adequação do uso do reciclado produzido atualmente no país pelas centrais de reciclagem públicas e de reciclado possível de ser produzido com processos mais sofisticados, ainda não implementados. A adequação de resíduos reciclados por construtoras aos serviços depende do grau de controle da qualidade do processo de reciclagem utilizado. Outras aplicações em condições particulares devem ser objeto de análises específicas.

2.2.3.1 Concreto estrutural armado

Em outros países, apenas reciclado de concreto estrutural pode ser utilizado na produção de concreto estrutural e, ainda assim, desde que satisfaça a exigências como absorção máxima, composição, teor de impurezas, etc. O reciclado produzido atualmente no país não apresenta uniformidade e, possivelmente, não atende a exigências quanto a características físicas e químicas que garantam sua qualidade e durabilidade, quando aplicado em concretos estruturais.

2.2.3.2 Concreto de baixo consumo não armado

Este tipo de concreto pode ser preparado com reciclado produzido atualmente, porém, deve-se considerar a alta taxa de absorção dos agregados e, conseqüentemente, do concreto, ao se determinar o serviço em que será utilizado. Possivelmente, em alguns serviços com exposição a altas taxas de umidade, como contra-pisos e calçadas, deverão ser tomados cuidados para evitar problemas de durabilidade (aumento das espessuras, redução da distância entre juntas, etc.).

Com o avanço da reciclagem e a produção de reciclados de classes diferentes, poderão ser encorajados usos em concretos armados de baixa responsabilidade estrutural, em serviços com baixa probabilidade de corrosão das armaduras (baixa umidade, peças revestidas, etc.).

2.2.3.3 Argamassa de assentamento

Podem-se preparar argamassas de assentamento com o reciclado produzido atualmente no Brasil. O material confere boa resistência mecânica e

aderência ao compósito, mas ainda há carência de informações sobre outras propriedades e quanto à durabilidade, para que se apliquem argamassas de assentamento com reciclado com total segurança. Por isso não se indica, por exemplo, sua aplicação em alvenaria estrutural. Pela alta taxa de absorção do reciclado, não se indica o uso de argamassas com o material em locais sujeitos à umidade ou onde é necessária impermeabilização.

Com o avanço das pesquisas e a melhoria da qualidade do reciclado, podem ser viabilizados outros usos, como argamassas para alvenaria estrutural. A definição de classes variadas de reciclados pode auxiliar na aplicação do material em argamassas com diferentes funções, com diminuição do risco de patologias.

2.2.3.4 Argamassa de revestimento

Pode-se aplicar argamassa com reciclado no revestimento de superfícies, principalmente em emboços. Faltam informações sobre comportamento das argamassas com reciclado no estado fresco e endurecido, como aderência, retração, etc. Por isso, alguns usuários utilizam mistura de reciclado com areia convencional, em traços empíricos (faltam ensaios que determinem qual a proporção ótima entre os materiais). Não se aconselha a aplicação do reciclado em chapisco, reboco e no assentamento de revestimentos cerâmicos. Para que estes usos sejam implementados, será necessário que se obtenham mais informações sobre o material.

2.2.3.5 Fabricação de pré-moldado de concreto

O concreto com reciclado produzido atualmente pode ser utilizado na produção de pré-moldados de concreto, como tijolos maciços, blocos, briquetes,

tubos, meio-fio e outros componentes para infra-estrutura urbana. Devem-se analisar os efeitos da composição do reciclado e da sua alta taxa de absorção na durabilidade dos componentes. Não se aconselha o uso em peças armadas.

O uso do material para a fabricação de componentes para alvenaria estrutural deve ser objeto de análise cuidadosa. Com o avanço das pesquisas sobre o assunto e a melhoria da qualidade do reciclado, podem vir a ser fabricados componentes estruturais com o material.

2.2.3.6 Pavimentação

A aplicação do reciclado em pavimentação é uma daquelas em que se obtêm os melhores resultados, superiores, em muitos casos, aos obtidos com o agregado convencional. Há conhecimento do meio técnico para a aplicação do reciclado neste serviço com qualidade e segurança.

2.2.3.7 Camadas drenantes

Para esta aplicação, o reciclado deve ter composição e granulometria adequados. Não deve conter finos que colmatem os poros ou grãos de baixa resistência mecânica ou que se desintegram com exposição à umidade. O reciclado produzido no Brasil deve ser objeto de análise quanto a essas exigências, antes de ser aplicado neste serviço. O uso de reciclado de melhor qualidade, possivelmente mais caro, deve ser objeto de análise de viabilidade econômica.

2.2.3.8 Cobertura de aterros

Quando aplicado sobre o solo e compactado adequadamente, o reciclado pode apresentar bom comportamento, formando camada com relativa coesão e mais resistente a esforços e a danos causados por chuvas que o solo normalmente utilizado. No entanto, devem-se levar em conta fatores econômicos, antes de se aplicar o reciclado neste serviço.

2.2.3.9 Gabião

Em uma primeira análise, esta aplicação parece viável para alguns tipos de resíduos de construção que apresentem resistência de grão necessária e que possam ser obtidos nas dimensões adequadas à execução do serviço. Possivelmente, os resíduos a serem utilizados seriam os de estruturas e outros elementos de concreto. Para que o uso seja implementado, devem ser realizadas pesquisas e aplicações-piloto, considerando-se que os gabiões, na maioria das vezes, têm função estrutural (contenção de taludes) e falhas causadas pelas características do resíduo reciclado poderiam ter sérias conseqüências.

2.3 A reciclagem de resíduos no Brasil

Comparativamente a países do primeiro mundo, a reciclagem de resíduos no Brasil, como materiais de construção, é ainda tímida, com a possível exceção da que é praticada pelas indústrias de cimento e de aço. Este atraso tem vários componentes. Entre eles, os repetidos problemas econômicos e os prementes problemas sociais ocupam a agenda de discussões políticas, deixando pouco espaço para discussões mais de longo prazo, como a questão do desenvolvimento sustentável. Embora já se observe a movimentação de

empresas interessadas em explorar o negócio de reciclagem de entulho e não apenas o negócio de transporte, as experiências brasileiras estão limitadas a ações das municipalidades que buscam reduzir os custos e o impacto ambiental negativo da deposição de enorme massa de entulho no meio urbano.

Assim, em larga medida, a questão ambiental no Brasil ainda é tratada como sendo um problema de preservação da natureza, particularmente florestas e animais em extinção, deposição em aterros adequadamente controlados e controle da poluição do ar, com o estado exercendo o papel de polícia. A recente Lei Federal de Crimes Ambientais (nº. 9.605, 13 fev. 1998) revela um estado ainda mais voltado à punição das transgressões à legislação ambiental vigente do que em articular agentes sociais na redução do impacto ambiental das atividades, mesmo que legais, do desenvolvimento econômico.

As experiências de maior sucesso na reciclagem brasileira se devem, em sua grande maioria, a benefícios econômicos evidentes, aliados a alguma influência de pressões dos serviços de coleta de lixo urbano. Este é o caso das latas de alumínio, em que o benefício elevado da reciclagem, resultado do elevado preço da matéria-prima no mercado e do alto consumo de energia para a produção do alumínio a partir da bauxita, fez com que os produtores da lata desenvolvessem estratégia original de reciclagem de sucesso inquestionável. Papel, sucata de aço e escória de alto-forno, entre outros, apresentam também vantagens econômicas bastantes evidentes.

2.3.1 Reciclagem na cadeia produtiva da construção civil

A cadeia produtiva da construção civil apresenta muitas vantagens que a credenciam a ser uma grande recicladora. Por outro lado, como setor, a oportunidade de reduzir o significativo impacto ambiental por meio da reciclagem é extremamente interessante. No momento, ela se constitui em uma abordagem pró-ativa, até porque o setor é um dos principais geradores de

resíduo da economia. Dada a grande dimensão econômica e ambiental do problema dos resíduos de construção e demolição, é provável que, nos grandes centros urbanos brasileiros, as municipalidades em breve estarão tomando medidas que forcem a construção civil no sentido da reciclagem, de seus próprios resíduos. É sintomático que em cidades de grande e médio porte, como Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Londrina e Salvador, a municipalidade já esteja agindo ativamente na reciclagem de resíduos.

A indústria cimenteira recicla, aproximadamente, 5 milhões de toneladas por ano de escória de alto-forno, cinzas volantes, pneus, etc. O setor siderúrgico é também um grande reciclador com, pelo menos, 6 milhões de sucata reciclada anualmente. Boa parte do aço destinado a reforço de concreto armado produzido no país é proveniente do processo de arco elétrico, que utiliza, como matéria-prima principal, a sucata de aço. A reciclagem desta sucata permitiu economizar, em 1997, cerca de 6 milhões de toneladas de minério de ferro, evitou a geração de cerca de 2,3 milhões de toneladas de resíduos e de cerca de 11 milhões de toneladas de CO₂⁵ (John, 2000).

2.3.2 Facilitadores da reciclagem na cadeia produtiva da construção civil

A capacidade da cadeia produtiva civil de reciclar resíduos se deve a vários fatores. Esta capacidade se estende a resíduos de outros processos e cadeias produtivas.

Serão consideradas mais favoráveis alternativas que:

- a) minimizem a necessidade de separação, classificação e transformação industrial do resíduo;

⁵ Estimativa da liberação de CO₂, considerando que a produção de 1 tonelada de ferro gusa libera 2,2 toneladas de CO₂ (Marciano & Khiara, 1997).

- b) minimizem impactos de transporte do resíduo até a planta de transformação e da planta até o mercado consumidor;
- c) minimizem o risco de lixiviação ou volatilização de eventuais fases perigosas presentes, preferencialmente em aplicações em que não se tenha contato com seres humanos ou lençóis freáticos;
- d) não utilizem ou liberem produtos tóxicos;
- e) resultem, potencialmente, em produto reciclável;
- f) resulte, potencialmente, em um novo produto com vantagem competitiva potencial sobre os existentes no mercado;
- g) apresentem baixo risco de fracasso no processo de pesquisa e desenvolvimento, comparado com o retorno financeiro potencial; e
- h) apresentem o mais alto potencial de retorno financeiro.

Em primeiro lugar, a construção civil é a maior consumidora de materiais na economia e, portanto, tem maiores possibilidades de reciclar. Em segundo lugar, os diferentes ramos da cadeia produtiva estão presentes em todas as regiões, o que facilita projetos de simbiose industrial e permite uma reciclagem local, já que a questão geográfica é crítica neste tipo de trabalho. É interessante observar que uma parcela significativa dos materiais que a construção consome é de agregados para pavimentos, concretos e argamassas e elementos de alvenaria, cuja produção é eminentemente regional.

Boa parte dos componentes de construção é de produção simples, como os componentes produzidos com agregados e aglomerados inorgânicos. Requisitos como esterilidade, purezas elevadas, etc. são dispensáveis na maioria das aplicações comuns da construção civil, simplificando os processos. A reciclagem de vidro na produção de vidro, por exemplo, requer classificação de cor, enquanto sua reciclagem como agregado para concreto asfáltico não exige qualquer classificação. Os agregados, por exemplo, são materiais granulares, compatíveis com o aglomerante, que estão embebidos e com resistência e

densidade apropriadas a aplicação. É possível produzir grânulos com muitos materiais diferentes, por meio de técnicas simples, como pelotização ou mesmo trituração. Agregados, muito diferentes dos tradicionais, podem ser adequados a aplicações especializadas, como concretos leves, concretos pesados, base de rodovias, etc. Esta produção mais simples pode significar que a quantidade de capital para a implantação da unidade de reciclagem seja reduzida.

Existe grande possibilidade de utilização de grandes volumes de produtos com resistência mecânica baixa, se comparados com os de outros setores de engenharia, o que torna possível a convivência com materiais com grande quantidade de defeitos microestruturais e impurezas. As resistências mecânicas dos aços para a indústria mecânica são muitas vezes superiores aos 5 a 10 MPa necessários a um elemento de alvenaria de vedação, por exemplo, ou à capacidade de suporte de uma base de pavimentação.

Do ponto de vista da construção civil, a reciclagem de resíduos vai resultar no oferecimento de uma maior quantidade de produtos alternativos para uma mesma função, possivelmente, de soluções mais adequadas para situações específicas, com ganhos de eficiência geral do processo.

Do ponto de vista estratégico, é prioritário que o macro complexo desenvolva capacidade de reciclar seus próprios resíduos, o resíduo de construção e demolição, cujo volume e forma de deposição atualmente apresentam grandes conseqüências ambientais. Não é por acaso que o relatório técnico que embasa o Programa Brasileiro de Reciclagem define este resíduo como uma das prioridades.

2.3.3 Dificuldades para reciclar

Existem várias barreiras a serem vencidas para a introdução de novos produtos contendo resíduos: legais/regulamentares, educação e informação,

tecnológicas, econômicas e geográficas. A seguir, serão discutidas as mais importantes para a construção civil, além de algumas especificidades do setor, juntamente com propostas para superação destes problemas.

Em primeiro lugar, é necessária a superação dos limitadores legais, regulamentares e de educação. Segundo John (2000), a superação deste problema depende da existência de políticas de longo prazo. Esta condição implica em uma continuidade da política entre vários governos, feito que, provavelmente, é obtido nas condições brasileiras com um grande envolvimento da sociedade. O Conama e, possivelmente, o Programa Brasileiro de Reciclagem, parecem ser embriões desta articulação Estado-Sociedade.

Uma limitação da construção civil muito discutida é a dificuldade de introdução de novas tecnologias. Várias razões têm sido apontadas, como:

- a) o baixo impacto da inovação tecnológica nos custos do empreendimento imobiliário, especialmente devido ao preço da terra, uma razão econômica;
- b) dois fatores técnicos: a existência de normas prescritivas, que especificam a adoção de uma determinada solução específica e não de um desempenho; e o histórico brasileiro recente de novas tecnologias que resultam em desempenhos insatisfatórios (John, 1995).

A causa econômica pode ser superada, tanto tecnologicamente, pelo desenvolvimento de produtos que apresentam outras vantagens competitivas frente aos tradicionais, quanto por ações do poder público. Dentre estas ações, podem-se destacar:

- a) a criação de mercados usando o poder de compra do estado ou o estabelecimento da obrigação de um conteúdo mínimo de materiais reciclados em um determinado produto;
- b) o encarecimento da deposição do resíduo, como, por exemplo, pelo do estabelecimento de taxas para deposição do resíduo;
- c) pela redução do custo dos produtos reciclados, como por meio de isenções fiscais para produtos contendo resíduos;
- d) outros incentivos ou compartilhamento de riscos (Pinto, 1999).

Um dos problemas que precisam ser enfrentados é a eventual concepção de consumidores, e até de técnicos da área, de que um produto contendo resíduo possui qualidade inferior. Não existem pesquisas específicas sobre este fato no Brasil, mas, dados de Moreno (1998) revelam que, mantidos o preço e a qualidade, o consumidor prefere produtos com menor impacto ambiental. No restrito círculo de engenheiros e arquitetos brasileiros, são freqüentes os questionamentos sobre a baixa qualidade do cimento contendo escória e pozolana, embora não seja observada qualquer reação contra as latas de alumínio e, mesmo, o aço. Talvez esta percepção tenha impedido que os maiores recicladores nacionais, a indústria siderúrgica e a cimenteira, não tenham divulgado os benefícios ambientais que trazem.

Também podem ser tomadas medidas para tornar a reciclagem fácil e mais viável economicamente. A reciclagem é essencial para o desenvolvimento sustentável, uma vez que é impossível pensar em uma sociedade que não gere resíduos. A reciclagem apresenta muitas vantagens potenciais - como a redução do consumo de energia, redução da poluição e aterros - mas, em cada situação específica, deverá ser objeto de análise sistêmica da situação concreta, com a análise do ciclo de vida, buscando verificar as melhores opções.

Dada a importância da reciclagem para o desenvolvimento sustentável, vários países desenvolveram políticas de incentivo à reciclagem, com resultados

importantes. O setor industrial desenvolveu também seus conceitos, como o da simbiose industrial em que uma indústria utiliza o resíduo da outra como matéria-prima. No Brasil, as políticas de incentivo à reciclagem estão se iniciando e existe um longo caminho a percorrer.

A cadeia produtiva da construção civil já é maior recicladora da economia, mas possui enorme potencial para aumentar o volume de matérias que recicla, dada a massa de materiais que consome, sua capilaridade regional e as características dos seus materiais. Nesse sentido, a reciclagem dos resíduos de construção e demolição é um desafio importante a ser enfrentado.

2.3.4 Proposta de metodologia para a reciclagem de resíduos

Um processo de pesquisa e desenvolvimento de um novo material ou produto a partir de um resíduo, que venha a se estabelecer como uma alternativa de mercado ambientalmente segura, é uma tarefa complexa, envolvendo conhecimentos multidisciplinares. Uma demonstração da complexidade é a descoberta de contaminação por dioxina da cal química da Solvay, no grande ABC, reciclada e vendida no mercado de construção civil e de ração animal durante anos. Vários acidentes em obras civis já aconteceram, devido à expansão da escória de aciaria reciclada como agregado na produção de pavimentos e concretos (Masuero, 1997).

Não são apenas os novos produtos contendo resíduos que causam problemas na construção civil. Para a viabilização de um novo material reciclado no mercado, será muito mais provável seu produtor provar que o material possui desempenho equivalente ou melhor do que o material que visa substituir e é ambientalmente seguro, preferencialmente, por entidade de terceira parte. A existência de uma metodologia que ajude a organizar o processo é certamente importante.

Não existem trabalhos abrangentes na área de metodologia. Neste universo limitado, destaca-se o pioneiro trabalho de Cincotto (1988), que propõe os seguintes critérios gerais para avaliação do resíduo para o uso na construção civil:

- a) a quantidade disponível em um local deve ser suficientemente grande para justificar o desenvolvimento de sistemas de manuseio, processamento e transporte;
- b) as distâncias de transporte envolvidas devem ser competitivas com os materiais convencionais;
- c) o material não deve ser potencialmente nocivo, durante a construção ou posteriormente à sua incorporação na estrutura.

2.3.5 Estimando as quantidades

Alternativamente à pesquisa direta com as empresas, a quantidade de resíduos pode ser estimada por meio de correlações entre o volume de produção de determinado bem como os índices médios de produção de resíduos publicados em bibliografias especializadas de cada área industrial. Além das quantidades produzidas, é sempre interessante verificar os volumes existentes em aterros que, dependendo das condições de estocagem, possam também ser reciclados.

Nesta etapa, é necessário confirmar e detalhar os dados sobre a geração do resíduo na empresa ou na região em estudo. Além da quantidade de resíduos anual ou mensal gerada, é também importante, neste estágio, estudar a eventual sazonalidade na geração de resíduo e o volume existente em estoque.

A disponibilidade do resíduo vai ser um importante dado para: (a) determinar a estrutura necessária pra reciclar; (b) definir a tecnologia viável para

a reciclagem em função da escala mínima de produção das diferentes opções e (c) estimar a produção máxima do novo material. Disponibilidade reduzida ou sazonalidade são condicionantes importantes de uma estrutura de reciclagem.

Limites de disponibilidade de resíduos gerados por uma empresa podem ser, eventualmente, superados: (a) desenvolvendo produtos cuja participação dos resíduos na composição final seja pequena; (b) desenvolvendo um projeto integrando o resíduo gerado por diversas empresas e (c) compondo um produto com vários resíduos ou com misturas de resíduos e matérias-primas naturais. Nos dois últimos casos, é fundamental que as distâncias de transporte sejam analisadas, tanto devido ao seu efeito no custo do produto quanto pelo seu impacto ambiental.

Conforme já mencionado, o volume da geração do resíduo corresponde a, aproximadamente, uma proporção do volume de produção. Assim, a disponibilidade dos resíduos é a função da demanda do mercado do produto que o gerou. Disso decorre que o suprimento do resíduo é independente da sua eventual demanda. Portanto, disponibilidade de resíduo vai depender das flutuações na demanda do produto final.

Outro fator que deve ser considerado é a possibilidade de mudanças tecnológicas no processo, pois elas podem afetar tanto o volume quanto a natureza dos resíduos gerados. Em consequência, o fato de um resíduo estar disponível com determinadas características em determinada quantidade de produção em um determinado momento, não oferece garantia qualquer sobre sua disponibilidade futura, o que introduz adicional risco ao processo de reciclagem.

2.3.6 Alternativas tecnicamente viáveis de reciclagem

Em alguns casos, nos quais o resíduo é constituído de mais de uma fase, é necessário analisar tanto a possibilidade de reciclar o resíduo integralmente,

quanto após a separação, nas suas diferentes fases. A separação de fases de resíduos é sempre indesejável porque é uma fonte adicional de custo e de impacto ambiental, já que, na maioria das vezes, ela implica na geração de um novo resíduo, embora em menor volume. Assim, recomenda-se que sejam estudadas alternativas à classificação, podendo-se destacar as seguintes possibilidades de: (a) modificar o manejo do resíduo na fase de produção; (b) promover coleta seletiva; (c) modificar as tecnologias de desmontagem dos produtos e (d) modificar o processo de produção. A demolição controlada de um edifício, de maneira a facilitar a reciclagem do concreto como agregado, é 25% mais cara do que a demolição tradicional, o que reforça a importância de projetar para a demolição ou “desconstrução”. Na prática, os processos de separação de fases de resíduos são muito comuns (John, 2000).

Centrais de reciclagem de produção de agregados a partir de RCD possuem vários processos de segregação de fases. Em um primeiro momento, a inspeção visual da carga de resíduos decide se o nível de contaminação é elevado. A fração aceita para a reciclagem é submetida a dois processos separação. A separação de contaminantes orgânicos pode ocorrer antes da britagem, ou após o processo de britagem. Na central de reciclagem de Prefeitura de São Paulo, a separação é manual e ocorre após a britagem, sobre uma esteira de transporte.

Uma alternativa é classificar o resíduo conforme o nível de contaminação, associando a cada classe uma adaptação diferenciada. Este é o procedimento adotado na normalização europeia que classifica os agregados reciclados de RCD de acordo com sua densidade, uma vez que as cerâmicas e argamassas possuem menor densidade do que as rochas naturais. O teor máximo de substituição do agregado natural por agregado de RCD é determinado em função da classe de resistência, do tipo de aplicação do concreto e da densidade do agregado reciclado.

2.3.7 Viabilidade econômica

Uma das condições para viabilizar um novo produto no mercado é que seu preço de venda seja competitivo com a solução técnica já estabelecida, ou seja, inovador e que não possua concorrentes no mercado. Para atrair o interesse do gerador do resíduo sob o estrito ponto de vista financeiro⁶, a reciclagem precisa reduzir os custos com resíduo, incluídos custos decorrentes da necessidade de mudança de tratamento do resíduo, de forma a adequá-lo à reciclagem. De forma global, o investimento realizado na reciclagem deve oferecer uma taxa de retorno atrativa (Rocha Lima, 1996).

A viabilidade de um determinado processo de reciclagem é uma equação de cunho essencialmente local, pois os preços dos produtos e custos de deposição em aterros são definidos localmente. Também, nesse sentido, a simples importação de experiências entre diferentes países ou regiões é inadequada. Essa situação revela que o aumento dos custos de deposição em aterro, pela criação de impostos, é uma política pública eficiente para incentivar a reciclagem.

Como o preço do novo produto é dado pelo preço praticado pelo concorrente no mercado, em algumas situações, a reciclagem somente será viabilizada se o gerador do resíduo remunerar os serviços da empresa beneficiadora (John, 1996). Nesta situação, apesar da reciclagem, o resíduo continuará a apresentar valor negativo para o seu gerador.

No entanto, como a oferta do resíduo é inelástica com relação à demanda, admitindo-se competição perfeita, um eventual aumento na demanda pelo resíduo vai provocar um aumento no seu preço. Por outro lado, esse aumento no custo do insumo não pode ser repassado para o preço do novo

⁶ Podem existir outros atrativos, como melhoria na imagem da empresa, decisões estratégicas, etc., que também podem ser considerados, dependendo do caso.

produto, já que é limitado pelo preço dos concorrentes. Caso a demanda pelo novo produto não seja elástica, o aumento da oferta ocasionará uma redução do seu valor de mercado, tornando a situação ainda mais grave.

Esse comportamento aumenta significativamente os riscos de um investimento em um processo de reciclagem. Uma forma de contorná-lo é pelo estabelecimento de contratos de fornecimento do resíduo de longa duração a preços controlados que garantam o retorno do investimento necessário a taxas suficientemente atrativas. Uma forma mais sofisticada dessa abordagem parece ser a estratégia de a empresa geradora do resíduo tornar-se sócia no empreendimento de reciclagem.

2.3.8 Aproveitamento de resíduos na construção

A abordagem do tema “Reaproveitamento de resíduos na área do ambiente construído” revela uma importante reversão no nível de prioridade que o assunto normalmente preenchia, não apenas na concepção e produção da edificação, mas dentro das cadeias produtivas do setor da construção civil. A legislação própria relacionada aos resíduos gerados pelo setor estabelece a responsabilidade pela geração ao que antes era conhecido apenas por entulho. Por outro lado, com o desenvolvimento da consciência do setor em relação aos problemas ambientais que o cercam, tem-se hoje uma consciência da necessidade de desenvolvimento de materiais e processos construtivos que não causem danos ao homem e ao meio ambiente.

A importância do aproveitamento de resíduos em uma coletânea voltada para a habitação de interesse social deve-se, basicamente, a dois fatores:

- a possibilidade de desenvolvimento de materiais de baixo custo a partir de subprodutos industriais, disponíveis localmente, por meio da investigação de suas potencialidades; e

- a interface direta do setor da construção com a cadeia produtiva fornecedora de insumos, bem minerais e, indiretamente, pelo do potencial uso de materiais e processos que causem mínimo impacto na cadeia produtiva.

Cabe salientar que, para as soluções visando ao reaproveitamento dos resíduos, existem tecnologias e procedimentos diversos, mais ou menos sofisticados, mão-de-obra ou capital intensivos, processos importados e desenvolvidos no país. Sua escolha, entretanto, deve ser feita tendo em vista atingir o aproveitamento ambientalmente adequado, ao menor custo possível, respeitando-se as características socioeconômicas e culturais de cada município.

2.3.9 Conceituação

Segundo John (2000), alguns conceitos são apresentados visando a um melhor enquadramento quanto ao aproveitamento de resíduos como materiais de construção, conforme segue abaixo:

- recuperação: retirada do resíduo do seu circuito tradicional de coleta e tratamento. Exemplo: recuperação de PET, papéis, do sistema de coleta formal, ou, ainda, de lodos de tratamento de efluentes destinados à eliminação em aterros controlados;
- valorização: dar um valor comercial a um determinado resíduo. Exemplo: vidros para a produção de silicatos e vitrocerâmicos;
- valorização energética: utilização do poder calorífico dos resíduos. Exemplo: casca de arroz usada no processo de beneficiamento e secagem do arroz, madeiras destinadas à queima em caldeiras, incorporação de lodo em matrizes para a redução dos tempos de queima, visando à eficiência energética;

- reciclagem: introduzir o resíduo no seu ciclo de produção em substituição total/parcial de uma matéria-prima. Exemplo: areia industrial oriunda do processo de extração em pedreiras, reciclagem do resíduo de construção no concreto;
- reciclagem química: valorização sob a forma de produtos químicos;
- reemprego: novo emprego de um resíduo para uso análogo ao seu primeiro ciclo de produção. Exemplo: incorporação de argamassas ainda no estado fresco reprocessadas (moinho ANVI 500 - ANEXO C) para a produção de uma nova argamassa, uso da água de lavagem de caminhões-betoneiras na produção de concretos;
- reutilização: aproveitamento de um resíduo, uma ou mais vezes, na sua forma original, sem beneficiamento. Exemplo: reutilização da areia de fundição nos moldes.

2.4 Equipamentos de britagem

De modo geral, os equipamentos utilizados na reciclagem de resíduos de construção são provenientes do setor de mineração, que são adaptados ou simplesmente utilizados na reciclagem. Uma exceção são os moinhos de rolo de pequeno porte utilizados para a preparação de argamassas a partir de resíduos de alvenaria, utilizados em construção de edifícios. Pelo pequeno porte, permitem boa mobilidade e a prática da reciclagem em diversos locais, em uma mesma empresa.

O procedimento básico da reciclagem consiste em britar o resíduo, obtendo agregado nas dimensões desejadas. Pode-se britar apenas uma vez o

resíduo ou realizar mais de uma britagem, para a diminuição das dimensões das partículas e para maior controle da granulometria do reciclado.

Pode-se implantar recicladoras de diversos portes e complexidades, dependendo da oferta de resíduos e demanda por agregado reciclado e das características desejadas para o produto (a maioria das centrais instaladas no Brasil é simplificada, compreendendo alimentador, britador, transportador de correia e eletroímã). As principais características dos reciclados, que são afetadas pelos procedimentos e equipamentos utilizados, são: classificação e composição, teor de impurezas, granulometria, forma e resistência dos grãos.

Não há um tipo de britador que dê os melhores resultados em todos os aspectos. Devem-se ajustar os processos de captação e reciclagem dos resíduos para que se obtenham os melhores resultados técnicos e econômicos.

2.4.1 Britadores de impacto

Neste equipamento, o resíduo é britado em uma câmara de impacto, pelo choque com martelos maciços fixados a um rotor e pelo choque com placas de impacto fixas. Há britadores de impacto com portes variados, que atendem a várias necessidades, podendo ser utilizados em britagem primária ou secundária. É um dos equipamentos mais usados em recicladoras, pelas vantagens que apresenta:

- robustez, processando peças de concreto armado ou vigas de madeira;
- alta redução das dimensões das peças britadas, com geração de boa porcentagem de finos, muitas vezes dispensando a rebritagem do material;
- geração de grãos de forma cúbica, com boas características mecânicas, o que se explica pela ruptura por impacto, que faz

com que as partículas se partam nas linhas naturais de ruptura, gerando grãos mais íntegros;

- baixa emissão de ruído.

Apresenta a desvantagem do alto custo de manutenção, com trocas periódicas de martelos e placas de impacto. Este é o equipamento mais adequado à produção de reciclado para uso em pavimentação.

2.4.2 Britadores de mandíbulas

Também muito utilizados na reciclagem, rompem as partículas por compressão (esmagamento). São, geralmente, utilizados como britadores primários, pois não reduzem muito as dimensões dos grãos, gerando alta porcentagem de graúdos. Em geral, o material processado é rebitado (por moinhos de martelos, britadores de mandíbulas de menor porte, etc.). Apresentam como desvantagem:

- geração de alta porcentagem de graúdos, não sendo usado como único equipamento de britagem ou em recicladoras em que o material não é rebitado;
- geração de grãos lamelares, com tendência à baixa qualidade, por apresentarem linhas de fratura muito pronunciadas, que podem gerar pontos fracos nas aplicações, como, por exemplo, em vigas e pilares;
- dificuldade de britagem de peças armadas e praticamente impossibilidade de britagem de peças de madeira de grandes dimensões, casos em que, geralmente, ocorrem quebras do eixo do britador;
- alta emissão de ruído.

Como vantagem, apresentam baixo custo de manutenção. É ideal para britagem de rocha, em pedreiras. Com este equipamento, obtêm-se as melhores curvas granulométricas de agregado reciclado para uso em concreto, quando o resíduo processado é de concreto estrutural.

2.4.3 Moinhos de martelos

Equipamento usado como britador secundário, pois apresenta boca de entrada de materiais relativamente pequena e produz alta porcentagem de miúdos. Em geral, é usado em conjunto com britadores de mandíbulas. O sistema de ruptura dos grãos é semelhante ao do britador de impacto, em que os grãos são rompidos por impacto de martelos e de placas de impacto fixas. Em geral, apresentam grelha na boca de saída, que impede que grãos graúdos saiam da câmara de impacto. Esta grelha pode ser retirada para a produção de material mais graúdo.

2.5 Variação do material britado

Em recicladoras mais simplificadas, pode haver tendência à simplificação do processo de separação dos resíduos recebidos, o que dificulta a obtenção de agregados reciclados de diversos tipos. As centrais implantadas no país separam, em geral, resíduos pelo teor de impurezas. No entanto, há a possibilidade de separar-se conforme o tipo predominante de componente do resíduo (concreto, resíduos de alvenaria, etc.).

A adoção de procedimentos em que os resíduos sejam separados leva a aumento da complexidade da central, com definição de locais para armazenamento dos diversos tipos de resíduos e de agregados reciclados,

possível aumento da equipe e da área instalada, etc., e se justifica nos casos em que haja demanda por diversos tipos de reciclado produzido.

Quando se processam resíduos de diferentes tipos, podem ocorrer variações na composição. Para minimizar este problema, nas centrais públicas brasileiras são tomadas algumas providências para a homogeneização, como:

- as partidas de resíduos de diferentes tipos de resíduos recebidas são misturadas no momento da entrega;
- ao alimentar o núcleo de reciclagem, a pá carregadeira alterna os resíduos de tipos diferentes;
- na formação da pilha de agregado reciclado, os diferentes tipos de materiais sofrem mais uma mistura;
- no momento da expedição a pá carregadeira retira das pilhas ou leiras materiais de diversas camadas, contribuindo para maior homogeneização.

Estes procedimentos são viáveis, levando-se em conta a quantidade processada (150 a 200 t/dia), mas, no caso de diminuição do volume produzido, do recebimento de resíduos de tipo predominante ou do desinteresse da gerência da recicladora.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, serão tratados apenas os resíduos gerados por atividades de construção, de manutenção e demolição, conhecidos por resíduos de construção e demolição (RCD) ou entulho de obra.

Considerou-se a cidade de Lavras, MG, como universo da pesquisa de campo e como fonte primária de dados a Secretaria Municipal do Meio

Ambiente. Após experiência bem sucedida na cidade de Belo Horizonte, pioneira e única do estado, com seu conjunto de práticas de gestão dos resíduos oriundos das atividades de construção civil, buscou-se reproduzir esta experiência na cidade de Lavras, MG, individualmente ou em forma de consórcios, desde que respeitadas as especificidades locais, o estágio de desenvolvimento local, os aspectos sócio-culturais da população e a disponibilidade de recursos e os interesses públicos e privados associados às práticas de gestão ambiental.

Para garantir o referido rigor, optou-se por desenvolver três etapas, ou seja, pela aplicação combinada de técnicas de coleta de dados ao longo do período de outubro 2005 a setembro de 2006, com visitas quinzenais aos transportadores de entulho, para levantar o volume de RCD.

A quantidade dos resíduos gerados pela construção civil na cidade de Lavras, MG, foi levantada por informações de diversas fontes, para compor dados gerais sobre o assunto. Para a quantificação desses resíduos (denominados RCD - Resíduos de Construção e Demolição), foi utilizado um método desenvolvido pela I & T - Informações e Técnicas (Pinto, 1999). O método agrega estimativas geradas a partir de dados sobre novas edificações, dados sobre a coleta de RCD em reformas e demolições. São apresentados, nos itens seguintes, em detalhes, os processos utilizados para a estimativa da quantidade de resíduos gerados pela construção civil em Lavras, MG.

Um dos indicadores para se estimar quantidade total de RCD gerado na cidade é a quantidade de resíduos gerados na construção de novas edificações. Este indicador é levantado com base nos alvarás de construção concedidos pela administração municipal, reconhecendo-se que eles não refletem a totalidade das obras construídas na cidade. No caso de Lavras, MG, será agregada a essa estimativa a expectativa da geração de resíduos nas edificações informais, que é bastante significativa.

Em reunião com os responsáveis pelo Conselho Municipal de Desenvolvimento Ambiental (Codema) e Secretaria Municipal do Meio Ambiente, identificaram-se todas as áreas clandestinas e autorizadas que recebem RCD, fazendo-se um monitoramento das áreas clandestinas e acompanhando a evolução dos locais quanto ao término de deposições irregulares.

Entrevistas pessoais e questionários enviados às empresas ligadas ao ramo de construção civil e geradores de RCD fecharam esta triangulação, permitindo que se obtivessem a profundidade e a amplitude que marcam os estudos de caso.

3.1 Identificação das áreas de deposição do RCD

A triangulação de diversos procedimentos de coletas de dados foi dividida em três partes. Na primeira etapa, realizou-se uma pesquisa documental junto à Prefeitura Municipal de Lavras, MG e o Codema, para a identificação dos procedimentos que regulavam as práticas de gestão de resíduos da construção civil. Com esse procedimento, pôde-se conhecer as principais medidas estabelecidas pelo poder público, na tentativa de mitigar os impactos ambientais.

No ano de 2005, o Codema identificou dez áreas de deposição de RCD. Após estudo, liberou somente duas áreas, descritas a seguir, com as condições em que se encontravam e quais soluções deveriam ser tomadas. O relatório do Codema a respeito dessas áreas é transcrito a seguir.

Rua Dr. Álvaro Botelho - Bairro Belizandra (Área 01)

“Abril/2005 - É um local adequado para receber entulho, pela quantidade já acumulada é necessário que se complete até o nível da rua de cima e da rua de baixo, para que, posteriormente, se faça um projeto de recuperação da área através de reflorestamento, hortas comunitárias ou projeto paisagístico. Há necessidade urgente de que uma máquina empurre os entulhos já acumulados, pois os moradores não têm mais acesso, de carro, em uma das ruas. Além disso, não há como se jogar mais entulhos se não houver limpeza da área. É a área em que se deveria concentrar todo o entulho para que, em breve, seja recuperada. Há necessidade de que o asilo assine um termo de compromisso ou doe esta área ao município, para que a mesma seja transformada em área verde. Local liberado pelo Codema para ser área de deposição de RCD”.



FIGURA 4 - Rua Dr. Álvaro Botelho - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 5 - Rua Dr. Álvaro Botelho - setembro/2006

Setembro/2006 - Apesar da vegetação, a área foi liberada pelo Codema, devido à grande quantidade de entulho ali depositado. Houve o ganho de poder prolongar uma rua lateral que estava intransitável, ameaçando três imóveis com a proximidade da erosão. Não há nascente e, com a melhoria do platô existente, devem-se evitar construções por motivo de segurança.

Rua Alfredo Marani - Bairro São Camilo (Área 02)

“Abril/2005 - Local adequado para se jogar entulho. Há necessidade de saber se esta área é da Prefeitura Municipal. Voçoroca aberta e com grande potencial de recebimento de entulho. Fácil acesso, inclusive podendo ter um acesso pela BR-265. Local liberado pelo Codema para ser área de deposição de RCD”.



FIGURA 6 - Rua Alfredo Marani - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 7 - Rua Alfredo Marani - setembro/2006

Setembro/2006 - Área muito grande de voçoroca, liberada pelo Codema para receber as deposições de RCD. O acesso até a Rua Alfredo Marani é dificultado pelas ruas estreitas circunvizinhas. Com um novo acesso pela BR265, irá facilitar para as empresas transportadoras. Com o tamanho da área, a vida útil será bastante prolongada.

Rua Barbosa Lima – Centro (Área 03)

“Abril/2005 - Não é recomendável, por ser uma área restrita, com nascentes e sem potencial. Vegetação já estabilizada. O entulho lá existente deverá ser espalhado na área com cuidado, para não cair no ribeirão canalizado abaixo. Se for área pública, deverá ser cercada e revegetada. Colocar placas proibitivas para lançamento de entulhos na parte de cima e de baixo. Existe, abaixo deste local, dividindo com o condomínio, no cruzamento das ruas Barbosa Lima e Magna Castanheira Lacerda, uma Área de Proteção Permanente sendo invadida, há necessidade de se delimitar esta área antes que as construções comecem a ocorrer.



FIGURA 8 - Rua Barbosa Lima - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 9 - Rua Barbosa Lima - setembro/2006

Setembro/2006 - Área privada porque tem placa de vende-se. Está cercada e não está recebendo entulho.

Rua Júlia de Oliveira – Jardim das Alterosas (Área 04)

“Abril/2005 - O local não é apropriado para a colocação de entulhos, Área de Preservação Permanente (APP), com nascente e vegetação na voçoroca já reconstituída. Deve-se acertar o terreno com um trator de esteira, sem empurrar os entulhos na voçoroca, retirar a enxurrada da rua acima que cai neste local, cercar para impedir novos entulhos. Colocar placas sobre a proibição de jogar entulhos ou lixo e re-vegetar a área, através de projeto paisagístico, se a mesma for pública, transformando-a em área verde.”



FIGURA 10 – Rua Júlia de Oliveira - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 11 - Rua Júlia de Oliveira - setembro/2006

Setembro/2006 - O local foi acertado, preservando-se a nascente da APP, não foi cercado nem identificado com proibição de despejo de entulhos. Não estão sendo depositados novos entulhos. Devido à íngreme subida para caminhões, não é interessante o despejo no local. Percebe-se que os entulhos que eram ali depositados são os recolhidos no bairro. Devido à distância até o local autorizado, as empresas transportadoras utilizam este local.

Avenida Dr. Sílvio Menicucci – Bairro Kennedy (Área 05)

“Abril/2005 - Não existe projeto aprovado nesta área, há necessidade de se fazer um projeto para apreciação do Codema antes de utilizar o local. Pode ser utilizada para deposição de resíduos de construção. A deposição é irregular”



FIGURA 12 - Av. Dr. Sílvio Menicucci - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 13 - Av. Dr. Sílvio Menicucci - setembro/2006

Setembro/2006 - Área não autorizada pelo Codema e sem licença da Prefeitura Municipal para a deposição de entulhos. O proprietário da área é dono de empresa de caçambas e está aterrando seu próprio terreno. Local com vegetações natural e pequenas nascentes. Área bem valorizada e vizinha da própria prefeitura.

Rua Belizandra Maciel - Vila Joaquim Sales (Área 06)

“Abril/2005 - Trata-se de APP. Devido à ladeira muito inclinada, o entulho jogado está caindo diretamente no ribeirão. O entulho, ali acumulado, deverá ser jogado na área ao lado e acertado o terreno. Somente efetuar este trabalho depois de cercar para impedir novos entulhos. A área deverá ser cercada a 5 metros do início da voçoroca e reflorestada a área interna. A área restante, se for pública, poderá ser transformada em praça.”



FIGURA 14 - Rua Belizandra Maciel - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 15 - Rua Belizandra Maciel - setembro/2006

Setembro/2006 - A área não está recebendo entulho por falta de espaço no local. Como é fim de rua, percebe-se que foram deposições irregulares, por motivo de distancia até os locais autorizados. Existe nascente no local e APP, se o local for regularizado e sem fechamento, provavelmente, continuará recebendo entulhos.

Rua Geraldo Ribeiro - Bairro Jardim Floresta (Área 07)

“Abril/2005 - Área acima do campo de futebol. Não é própria para isso, pois se trata de uma APP. Os entulhos lá jogados deverão ser empurrados para o platô abaixo e acertar o terreno. Ótima área para se fazer uma praça, área verde ou horta comunitária.”



FIGURA 16 - Rua Geraldo Ribeiro - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 17 - Rua Geraldo Ribeiro - setembro/2006

Setembro/2006 – O terreno não foi regularizado e a vegetação está em recomposição e, atualmente, não recebe entulho.

Rua Agui esio Franco de Carvalho - Bairro São Vicente ( rea 08)

“Abril/2005 - Nesta  rea há nascentes no fundo e o entulho ali jogado poderá comprometê-las. Abaixo desta voçoroca existe uma APP e com nascente, inclusive com um lago. O “ladrão” deste açude está assoreado e o lago formado poderá ser um problema de saúde pública dada   água parada acumulada. Verificar se   área pública, cerc -la, pois está sendo invadida e desmatada.”



FIGURA 18 - Rua Agui esio Franco de Carvalho - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 19 - Rua Aguiñésio Franco de Carvalho - setembro/2006

Setembro/2006 - A área foi regularizada e não foi cercada. A vegetação já está sendo recomposta e atualmente não recebe entulho.

Rua 14 de Agosto – Vila Murad (Área 09)

“Abril/2005 - Rua estreita e um barraco já está caindo. Naquela área não pode ser jogado entulho. Necessita ser cercada. Em todas as áreas de voçorocas, há necessidade de um trabalho de educação ambiental nas famílias que residem no entorno, para que as pessoas não joguem lixo doméstico.”



FIGURA 20 - Rua 14 de Agosto – abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 21 - Rua 14 de Agosto – setembro/2006

Setembro/2006 - Bairro de ruas estreitas e imóveis antigos, a área não foi cercada, nem foi feito trabalho educacional com a vizinhança. Continua recebendo entulhos e muito lixo doméstico. Risco muito grande de afetar os imóveis que estão abaixo do local que estão depositando os entulhos. Deve-se tomar uma medida imediata para fechamento da área.

Rua Desembargador Alberto Luz - Centro (Área 10)

“Abril/2005 - Trata-se de uma APP, e os entulhos estão chegando à beira do ribeirão. Se a área for pública, esta deverá ser cercada e reflorestada.”



FIGURA 22 - Rua Desembargador Alberto Luz - abril/2005
Fonte: CODEMA - Lavras - MG



FIGURA 23 - Rua Desembargador Alberto Luz - setembro/2006

Setembro/2006 - Continuam sendo jogados entulhos. A quantidade não é maior por falta de espaço para os caminhões manobram, já que o local está na beira da rua. Grande parte já está ao lado do córrego. A Prefeitura Municipal deve isolar a área para coibir novas deposições.

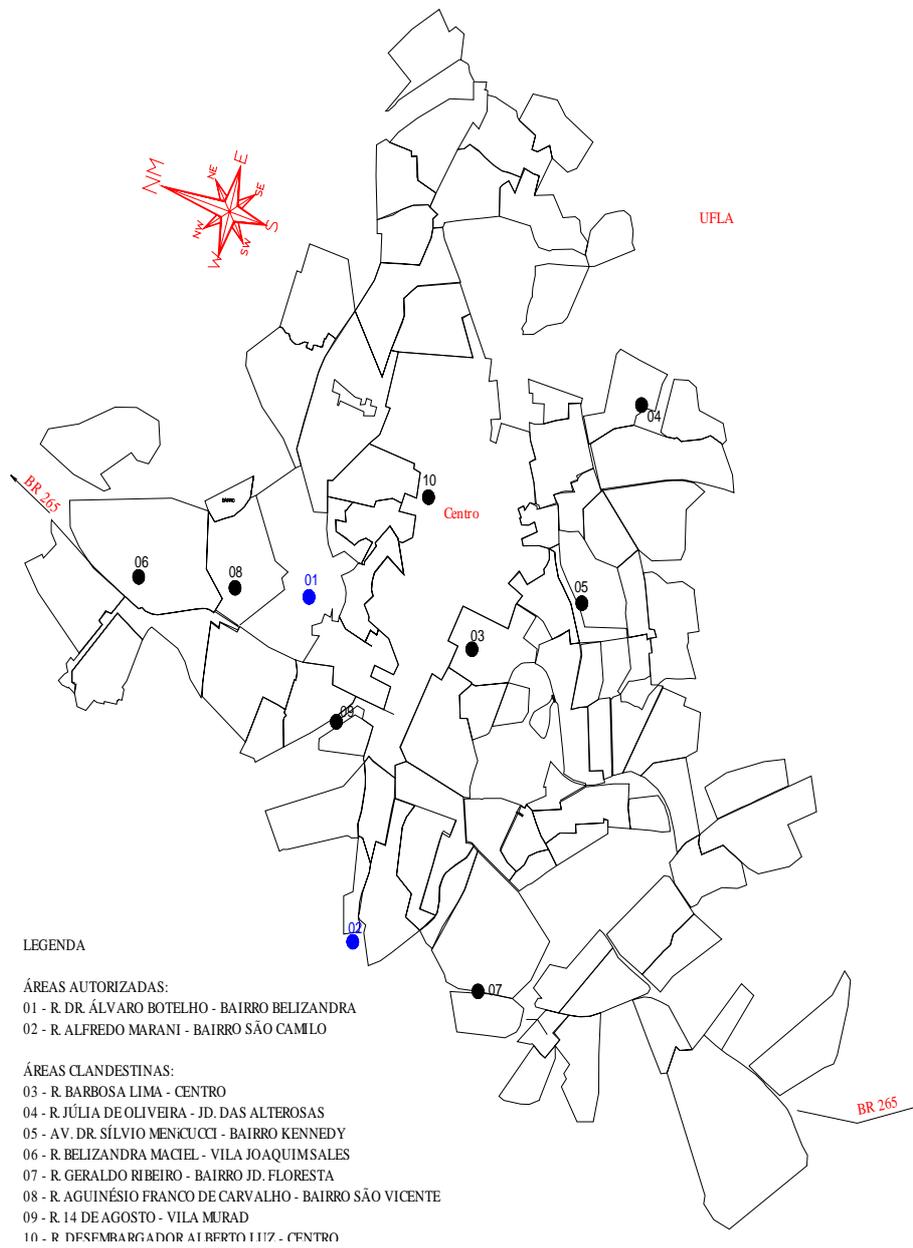


FIGURA 24 – Mapa de Lavras – Identificação das áreas de RCD

3.2 Coleta de dados com as empresas transportadoras de entulhos

Na segunda etapa, após a preparação de um roteiro semi-estruturado, realizou-se um conjunto de entrevistas e coleta de dados (Tabela 3), com a participação das cinco empresas coletoras de entulho existente em Lavras, MG. Os dados foram coletados quinzenalmente, por um período de 12 meses, de outubro/2005 a setembro/2006, sempre com orientação aos proprietários das empresas, para que o preenchimento das planilhas espelhasse a realidade, evitando-se erros de quantidades muito discrepantes.

Devido à informalidade dos transportadores autônomos informais (camionete, carroça) de pequenos volumes e à falta de condições de localização dos mesmos, os poucos que foram contatados apresentaram grandes restrições para obter informações sobre os volumes transportados. Sendo assim, optou-se por não considerar estes volumes de RCD.

TABELA 3 - Modelo para coleta de dados de entulho transportado

Pesquisa para Implantação de uma Usina de Reciclagem de Resíduo de Construção
Convênio Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Lavras
Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente

EMPRESA:		MÊS:	
FICHA DE CONTROLE DE CAÇAMBA			
DATA:	VOLUME:	M3	DATA:
			VOLUME:
			M3
USO: () Terra (solo)		USO: () Terra (solo)	
() Poda, Capina, etc		() Poda, Capina, etc	
() Entulho de obra		() Entulho de obra	
() Entulho de reforma		() Entulho de reforma	
() Outros - O quê?		() Outros - O quê?	

Pesquisador : José Roberto Troca - Engº Civil - Mestrando UFLA - (35) 3445-6110 - e-mail: jrtroca@yahoo.com.br

3.3 Questionário e entrevista com empresa de construção

Na terceira etapa, foi enviado um questionário (conforme modelo abaixo), para 74 empresas cadastradas na Prefeitura Municipal de Lavras, no ramo de atividades e serviços de engenharia, arquitetura e construção civil, com visita pessoal a seis empresas, considerando-se o nível tecnológico e empreendimento. Com a finalidade de saber como estão sendo gerenciados os entulhos pelas empresas ligadas a construção civil, ao mesmo tempo informar a existência de uma resolução pertinente ao assunto, e que a Prefeitura Municipal de Lavras passará a preocupar-se mais com o destino do entulho.

QUESTIONÁRIO

- 1) A empresa tem conhecimento da Resolução 307 do Conama 05/07/02?
- 2) É desenvolvido algum projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil, contribuindo para a redução do impacto causado ao meio ambiente?
- 3) É feito algum tipo de seleção/separação dos resíduos?
- 4) Há alguma preocupação sobre o local de destino dos resíduos transportados pelos caçambeiros? Considerando que a legislação pertinente proíbe, a partir de 07/04, o encaminhamento dos resíduos sólidos da construção a aterros sanitários.
- 5) Que diretriz é adotada pela empresa para reduzir desperdícios e o volume de resíduos gerados?
- 6) É reutilizado algum tipo de resíduo gerado na própria obra?
- 7) A empresa tem alguma política de treinamento da sua mão-de-obra?

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estimativa da quantidade de RCD em novas construções

Para estimar a quantidade de resíduos gerados pelas novas edificações na cidade de Lavras, MG, tomaram-se como ponto de partida, informações relativas à concessão de alvarás de construção, no período de outubro/2005 a setembro/2006, conforme dados da Tabela 4.

TABELA 4 - Alvarás emitidos entre outubro/2005 a setembro/2006

Mês	Alvarás Quant.	Residencial Área (m ²)	Alvarás Quant.	Comercial Área (m ²)	Alvarás Quant.	Misto Área (m ²)
Out./05	39	4.169,33	05	3.223,19	02	641,57
Nov./05	28	2.983,73	02	509,65	03	1.764,80
Dez/05	19	10.999,25*	-	-	02	212,38
Jan./06	23	1.940,15	03	3.331,34	-	----
Fev./06	19	2.178,10	02	667,53	01	2.138,20
Mar/06	33	3.523,00	01	231,90	-	----
Abr./06	23	3.304,06	02	450,55	02	499,18
Mai./06	19	2.818,63	05	1.188,30	03	3.289,17
Jun./06	46	4.876,74	01	157,30	02	403,06
Jul./06	36	4.568,02	03	2.425,37	03	1.434,33
Ago./06	38	4.135,72	03	2.419,72	01	523,35
Set/06	50	8.478,58	06	3.868,52	03	1.748,17
Total		35.823,00	33	18.473,37	22	12.654,21
Total anual - provável área formal construída						66.950,58

* Implantação de casas de COHAB (9.248,85 m²)

A Prefeitura Municipal de Lavras estima que 30% das construções sejam informais. Sendo, de 66.950,00 m² (70%), a provável área formal construída, têm-se, como provável área informal construída, 28.693,00 m² (30%).

Chama atenção, entre os dados coletados em Lavras, MG, nenhuma presença, na construção formal, dos projetos para reforma e demolição de edificações. As reformas e as demolições são realizadas sem aprovação da administração municipal.

Segundo Almeida (2005), a estimativa da quantidade de resíduos gerada em novas edificações é realizada com base em indicadores de perdas, amplamente pesquisados nos últimos anos, em diversas regiões brasileiras. A taxa de geração de resíduos apresentada é proveniente de dados apresentados por Pinto (1989) e que no geral são referendados por trabalho desenvolvido pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, podendo-se estimar que a construção convencional, técnica largamente utilizada pelo setor, gere desperdício na ordem de 25% do peso do material colocado na obra. Em média, metade deste percentual é retirado dos locais de trabalho na forma de entulho (150 kg/m² ou 0,15 t/m²).

As informações constantes Tabela 5, representam o resumo para delimitar-se o indicador de geração de RCD em novas construções, sendo que, de acordo com o método de quantificação adotado pela I&T, serão debitadas, das áreas formais, as referentes às reformas e demolições.

TABELA 5 - Estimativa da quantidade de resíduos gerados por novas edificações formais e informais

Provável área formal construída - Prefeitura estima 70%	Provável área informal construída - Prefeitura estima 30%	Taxa de geração de resíduos	Provável geração anual de resíduos em novas edificações	Provável geração diária de resíduos em novas edificações
(m ² /ano)	(m ² /ano)	(t/m ²)	(t/ano)	(t/dia)*
66.950,00	28.693,00	0,15	14.346,00	48,00

* considerados 25 dias úteis/mês

FONTE: I&T

Provável geração de resíduos em novas construções:

$$66.950,00 \text{ m}^2/\text{ano} + 28.693,00 \text{ m}^2/\text{ano} = 95.643,00 \text{ m}^2/\text{ano}$$

$$95.643,00 \text{ m}^2/\text{ano} \times 0,15 \text{ t/m}^2 = 14.346,00 \text{ t/ano}$$

$$\text{Logo: } 25 \text{ dias úteis/mês} \times 12 \text{ meses} = 300 \text{ dias/ano}$$

$$\frac{14.346 \text{ t/ano}}{300 \text{ dias/ano}} \cong 48 \text{ t/dia}$$

4.2 Estimativa do volume de RCD transportado por coletores privados

A quantidade de RCD foi estimada com base em informações coletadas junto às empresas de coleta de resíduos que operam com caçambas *Brooks*. Parcela considerável dos RCD é coletada por empresas com este perfil, cujo

número cresceu significativamente nos últimos anos, constituindo-se na alternativa mais utilizada e conhecida para este tipo de serviços.

No entanto, não só estes coletores removem resíduos das obras e residências, mas também outros, utilizando caminhões basculantes e com carrocerias, carroças, pequenos veículos automotivos, e mesmo, carrinhos manuais de pequeno porte. Os coletores com caçambas *Brooks* representam a parcela mais visível, organizada e acessível dos coletores, podendo fornecer informações valiosas sobre a quantidade de RCD geradas e o fluxo destes resíduos na cidade. Podem fornecer informações sobre os principais problemas e carências referentes à destinação dos resíduos.

Na cidade de Lavras, MG, parte considerável dos coletores é facilmente identificável e, no diagnóstico, foram listadas cinco empresas. Apesar de saber da existência de alguns outros coletores autônomos, não cadastrados e não regularizados, foi impossível completa identificação, pela própria natureza informal dos serviços.

No entanto, em consultas com representantes das cinco empresas pesquisadas, foi possível estimar a parcela do mercado que tais empresas atendem. Os resultados da pesquisa com transporte de RCD são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - Estimativa da quantidade do volume de RCD transportado

Período out./05 a set./06	Entulho obra nova (m ³ /ano)	Entulho reforma/demolição (m ³ /ano)	Poda (m ³ /ano)	Terra (m ³ /ano)	Outros (m ³ /ano)
Empresa A	1.648	2.256	536	1.228	384
Empresa B	3.058	3.074	472	1.782	134
Empresa C	729	462	70	268	31
Empresa D	486	518	82	184	39
Empresa E*	- - - -	1.709	- -	15.846	- -
Total	5.921	8.019	1.160	19.308	588

* A empresa E trabalha com aterro e dessaterro, em caminhões caçamba, logo, não transporta entulho em caçambas *Brooks*.

Pode ser verificado que a participação das reformas no total dos serviços executados pelas empresas é predominante, identificando-se que, mesmo sendo este tipo de obra nada presente entre os alvarás solicitados à Prefeitura, constitui atividade construtiva importante na cidade.

Conforme dados coletados na Prefeitura Municipal de Lavras - MG, todos os alvarás são emitidos somente para obras novas. Considerando o volume de entulho por obras novas, de acordo com alvarás emitidos e o volume de entulho em reformas/demolições, tem-se a seguinte diferença em percentual:

$$\frac{8.019 - 5.921}{5.921} \cong 0,35 \quad \text{ou} \quad 35\%$$

Comprova-se a estimativa da Prefeitura, que é de, aproximadamente 30% de obras informais:

4.3 Cruzamento de dados - Estimados x Coletados

Para a quantificação dos RCD, foi utilizado o método que agrega as estimativas geradas para novas edificações aos dados sobre a coleta de RCD em reformas e demolições. Os dados referentes à deposição irregular, profundamente vinculados à atuação de pequenos geradores e coletores, não serão utilizados para que se evitem sobreposições e estarão presentes na análise dos impactos econômicos dos RCD na administração municipal.

Entendendo-se que nem todo alvará emitido é certeza de obra iniciada, este comparativo entre os volumes de entulho por alvarás emitidos e o entulho realmente transportado serviu para verificar, na pesquisa, possíveis divergências dos dados coletados. Isso porque estão incluídas nas informações das empresas de transporte de entulho, obras novas de alvarás emitidos no ano anterior, justificando as variações dos volumes estimados.

Segundo Polillo (1987), o peso específico do entulho é de 1.200 kg/m^3 ou $1,2 \text{ t/m}^3$.

Volume transportado (ou coletado):

$$\text{Entulho obra nova + reforma/demolição} = 5.921 + 8.019 = 13.940 \text{ m}^3/\text{ano}$$

$$\text{Em toneladas: } 13.940 \text{ m}^3/\text{ano} \times 1,2 \text{ t/m}^3 = 16.728 \text{ t/ano}$$

$$\text{Em dias: } 16.728 \text{ t/ano} / 300 \text{ dias úteis} \cong 56 \text{ t/dia}$$

TABELA 7 - Estimativa final do volume de RCD gerado em Lavras, MG.

Estimativas	Estimado por alvará + informal	Estimado por coleta
	Toneladas diárias *	Toneladas diárias *
Provável geração de RCD em novas edificações	48	56

* considerados 25 dias úteis/mês

A Prefeitura Municipal de Lavras, MG, não tem uma pesquisa concreta sobre a quantidade de construções informais, portanto, adotou-se o volume dos dados coletados. O número da quantidade de RCD, obtido para a cidade de Lavras, MG, pode também ser expresso como taxa anual de geração por habitante e ser comparado, a seguir (Tabela 8), aos valores conhecidos para outras localidades brasileiras.

TABELA 8 - Comparação das condições de geração de RCD em municípios brasileiros diversos

Municípios	Novas formal (t/dia)	Novas informal (t/dia)	Total (t/dia)	Taxa (t/hab.ano)
Santo André (base 1997)	477	536	1.013	0,51
S. J. R. Preto (base 1997)	244	443	687	0,66
S. J. Campos (base 1995)	401	332	733	0,47
Ribeirão Preto (base 1995)	647	396	1.043	0,71
Jundiá (base 1997)	364	348	712	0,76
Vit. da Conquista (base 1997)	57	253	310	0,40
Uberlândia (base 2000)	480	478	958	0,68
Guarulhos (base 2001)	576	732	1.308	0,38
Lavras (base 2006)	33	15	48	0,21

Fonte: Adaptado de I & T (2002)

A determinação das médias apresentadas na Tabela 8, referente à cidade de Lavras, MG, está descrita a seguir.

Construções novas formais (Tabela 5 – Pg. 80):

$$66.950,00 \text{ m}^2/\text{ano} \times 0,15 \text{ t/ano} = 10.042,00 \text{ t/ano}$$

$$\text{Logo: } 25 \text{ dias úteis} \times 12 \text{ meses} = 300 \text{ dias}$$

$$\frac{10.042,00 \text{ t/ano}}{300 \text{ dias/ano}} = 33,47 \text{ t/dia}$$

300 dias/ano

Construções novas informais (Tabela 5 – Pg. 80):

$$28.693,00 \text{ m}^2/\text{ano} \times 0,15 \text{ t/ano} = 4.304,00 \text{ t/ano}$$

$$\frac{4.304,00 \text{ t/ano}}{300 \text{ dias/ano}} = 14,35 \text{ t/dia}$$

300 dias/ano

Dados coletados na cidade de Lavras:

$$\text{Provável geração de RCD} = 56,00 \text{ t/dia}$$

$$\text{No ano} - 56 \text{ t/dia} \times 300 \text{ dias úteis} = 16.800,00 \text{ t/ano}$$

Conforme o site www.bussolanet.com.br (2006), a população de Lavras é de 81.482,00 habitantes.

$$\text{Taxa} = \frac{16.800,00 \text{ t/ano}}{81.482,00 \text{ hab}} \cong 0,21 \text{ t/hab.ano}$$

$$81.482,00 \text{ hab}$$

Consequentemente, o índice de 0,21 t/hab/dia para Lavras tem que ser visto como patamar mínimo de geração de RCD, constituindo, estimativa

suficientemente segura para a definição de uma política de gestão sustentável destes resíduos sólidos.

4.4 Resultado da pesquisa com as construtoras

Dos 74 questionários enviados, via correio, para as empresas cadastradas no setor de alvarás da Prefeitura Municipal de Lavras, constando como ramo de atividades serviços de engenharia, arquitetura e construção civil, descobriu-se que apenas 34 estão atuando na área de construção civil e, deste universo, 20 responderam ao questionário. Além disso, 06 empresas foram entrevistadas pessoalmente.

TABELA 9 - Resumo das respostas das empresas que responderam o questionário

Pergunta	Sim	Não
Tem conhecimento da Resolução 307	20	--
Gerencia o resíduo	--	20
Faz seleção/separação do resíduo	--	20
Preocupa com o destino do resíduo	20	--
Tem diretriz para reduzir o volume de resíduo	20	--
Reutiliza seu próprio resíduo	10	10
Treina sua mão-de-obra	14	6

Analisando-se os resultados, percebe-se que a Resolução 307 do Conama ainda não está sendo aplicada, pois parte-se do princípio de que o município deve implantar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e, a partir dele, os geradores de RCD deverão implantar os seus programas para que ambos destinem corretamente os resíduos.

5 CONCLUSÕES

No caso da cidade de Lavras, MG, a significativa geração de resíduos detectada, agregada à ação fortemente desregrada dos agentes em todas as etapas tem implicado na imposição, aos munícipes, de um número muito significativo das áreas degradadas, tanto na forma de área de deposição clandestina, quanto na forma de deposições irregulares.

Os impactos ambientais implicam em prejuízos não só à paisagem e à qualidade de vida. São situações geradoras de custos sociais interligados, pessoais ou públicos, em função do comprometimento da capacidade de drenagem nos espaços urbanos, multiplicadores de vetores epidêmicos e da obrigatoriedade da atuação pública corretiva. Vários desses custos dificilmente poderão ser determinados, mas, os custos das atividades corretivas de limpeza urbana podem ser determinados.

A quantidade estimada de RCD gerado na cidade de Lavras, MG, é de 56 t/dia.

De acordo com a identificação das dez áreas que receberam RCD no ano de 2005 e monitoradas durante o ano de 2006, cinco áreas continuam recebendo RCD, sendo duas autorizadas e três clandestinas, cinco não recebem, depois de tomadas as medidas indicadas pelo Codema. Neste período, pôde-se observar que a evolução das deposições é bem considerável. Fator agravante é a localização das áreas autorizadas, devido à sua distribuição dentro da área urbana, facilitando o despejo em locais não apropriados, para diminuir a locomoção dos transportadores. Novos estudos, para encontrar outros locais de deposição, minimizaria enormemente o impacto ambiental, além da circulação de caminhões pelo centro da cidade.

A responsabilidade dos maiores geradores de RCD, que são as construtoras, pára exatamente no ponto em que as caçambas são carregadas, transferindo para os transportadores todo o gerenciamento do seu resíduo. Não havendo gestão no canteiro de obra, a maioria dos resíduos já sai contaminada, por não haver uma pré-seleção. Deve-se mudar a cultura de que, a partir do meu canteiro de obra, não é mais problema nosso o destino do RCD.

A quantidade de volume de RCD, caso concentrada somente nas áreas autorizadas, sem nenhum programa de gerenciamento dos resíduos, comprova que a capacidade volumétrica destes locais será esgotada em curto prazo. A área no final da Rua Dr. Álvaro Botelho, Bairro Belizandra (Área 01), não tem vida útil mais do que um ano. A outra área autorizada, na Rua Alfredo Marani, Bairro São Camilo (Área 02), tem vida útil para muitos anos e está sendo menos utilizada devido ao acesso em ruas estreitas para caminhões, devendo-se, como medida imediata, alterar o roteiro de chegada. O poder público deve começar a preocupar-se em disponibilizar novos locais, a partir deste momento.

Com o volume mínimo estimado de RCD, 56 t/dia, pode-se instalar uma usina de reciclagem com capacidade mínima de britagem de 10 t/h (Anexo B), utilizar o resíduo britado como cascalhamento de estradas vicinais, vendê-lo para empreiteiras que executam serviços de pavimentação asfáltico, para servir de base e sub-base.

O custo de uma usina de reciclagem com capacidade de 10 t/h é de R\$ 146.300,00, com britador de impacto, transportador de correia móvel em “V”, sistema antipó, anti-ruído, bicas de transferência e peneira vibratória. Não estão incluídos o custo do terreno e suas benfeitorias.

Para assegurar a transição o mais rápido possível, deverá ser estruturada a implantação de aterro de resíduos de construção civil, de modo que a reservação seja segregada, visando a uma futura reutilização da área.

Com a criação de áreas de transbordo, triagem e eventual reciclagem, será incentivada sua implantação por agentes privados que, logicamente, considerarão a distribuição geográfica da geração de resíduos na cidade e a manifestação dos agentes coletores para a definição de locais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Diretrizes para uma política de qualidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Lavras, MG

Nunca tendo existido regras para as ações geradoras, coletoras e de destinação de RCD e resíduos volumosos, é total a indisciplina dos agentes envolvidos e muito expressivo o não compromisso com o ambiente em que ancoram as suas atividades econômicas. Os agentes envolvidos com os RCD e resíduos volumosos, principalmente os agentes coletores, não reconhecem uma política municipal, e nem mesmo, interlocutores a quem recorrer, não existindo diálogo entre eles e seu gestor, a administração municipal.

Os impactos para o município são extremamente significativos, em termos econômicos e de degradação ambiental, impulsionando a necessidade de assumir-se uma solução para a gestão sustentável desses recursos. Sendo essa situação e sabendo-se que o simples aterro desordenado dos resíduos que hoje ocorre significa o desperdício de matérias reutilizáveis e, portanto, de recursos, ficam colocadas todas as condições para a proposição de uma política de qualidade na gestão sustentável dos resíduos de construção. Não há, porém, como equacionar esta nova política sem objetivar-se para eles uma gestão diferenciada em relação aos restantes.

Objetivar a qualidade na gestão diferenciada dos resíduos de construção e resíduos volumosos significará estruturar esta ação de tal forma que a totalidade de suas características lhes confira a capacidade de satisfazer as necessidades implícitas ou explícitas do conjunto dos munícipes, sendo eles geradores ou coletores dos resíduos de construção.

Adotar a gestão diferenciada dos resíduos da construção e resíduos volumosos significará, contrariamente à maioria dos municípios brasileiros, não permitir sua mesclagem com outros tipos de resíduos e buscar formas de destinação (reciclagem) que possibilitem a sua absorção máxima em novas atividades sócio-econômicas, evitando-se a disposição em aterros. A gestão diferenciada dos resíduos é a primeira condição indispensável para a adoção de políticas de qualidade na gestão de resíduos gerados. A segunda condição para alcançarem-se resultados eficientes e duradouros é a compreensão, pela administração pública, de que não há como sustentar a prática atual de disposição continuada de toda a massa dos resíduos em áreas de deposições públicas ou privadas. A sociedade precisa ser convencida de que não se podem deixar resíduos no “jardim de casa”. Esta uma prática que tem limites e estes limites já estão sendo inaceitáveis; muitas cidades de médio e grande porte não estão suportando mais.

Os resíduos gerados crescentemente pela expansão do consumo e das atividades sócio-econômicas precisam ser assumidos. Se a cidade expande rapidamente e a malha urbana se desenvolve, é notória a inviabilidade do aterro longínquo e é preciso conter as deposições ilegais e inadequadas. Neste quadro, a busca de uma gestão para resíduos deve atingir a todos os munícipes (inclusive os que trabalham na gerência e prestam serviços públicos) com adesão plena, baseados em alguns princípios de ação: facilitar, disciplinar e incentivar.

O conjunto das ações a serem desenvolvidas deve perseguir a simplicidade, tanto quanto possível, com práticas objetivas, não burocráticas.

São inúmeros os exemplos de municipalidade e os órgãos públicos que adotam complexos instrumentos normativos que acabam transformando-se em lentos administradores, caracterizados pela ineficiência. As ações a serem implantadas devem, desde a sua concepção até o sistema de operação, apontar firmemente para facilitar a ação da totalidade dos munícipes, de forma a potencializar todas as responsabilidades para a sua atuação correta.

Dadas as condições para esta correta atuação, é possível introduzir um novo sistema de regras que signifique a disciplina dos fluxos de agentes envolvidos na coleta de resíduos. Os munícipes, agente gerador e coletor, devem receber incentivos para uma correta atuação. Estes incentivos devem objetivar a indução de resultados: menor geração de resíduos, reutilização e reciclagem das fontes geradoras, definição e responsabilidades pelos resíduos e sua disposição correta. As diversas ações desenvolvidas devem buscar completa interação para que, no conjunto, sejam eficientes. Será fator importante nesta interação à definição de parcerias transparentes com iniciativa privada, instituições e setores organizados da sociedade, de modo a viabilizar objetivos de curto, médio e longo prazo.

Por fim, se o objetivo é alterar de forma concreta, a situação diagnosticada no município, superando os limites impostos pela geração corretiva, o conjunto das ações a serem definidas deve ter uma característica dinâmica forte, de modo a estabelecer um processo de melhoria contínua, que acomode a adequação às interações às reações dos diversos agentes sociais envolvidos.

6.2 Estratégia de implantação das ações

A definição dos locais dos pontos de entrega, equipamentos públicos implantados em áreas públicas ou cedidas à administração, deverá, sempre que

possível, incorporar os fluxos já reconhecidos para os resíduos, sem alterá-los, fazendo que os pontos ocupem locais já inventariados como atuais deposições irregulares. Os pontos de entrega deverão ser apresentados à população geradora e coletora de resíduos em pequenos volumes, como solução perene para o descarte de resíduos de construção e resíduos volumosos, como solução para a expansão da coleta seletiva em âmbito municipal e como solução para a recepção de resíduos que permitam a proliferação de vetores, como a dengue.

Sua implantação deverá se dar de forma gradativa, concomitante a dois outros processos. O primeiro, dedicado à recuperação de todos os pontos de deposições irregulares presentes na bacia de captação, promovendo o resgate da qualidade urbanística destes locais. O segundo, dedicado à promoção de informação concentrada, seguida de fiscalização renovada, que permita a alteração de cultura e adesão ao compromisso com o correto descarte e destinação dos resíduos. Uma implantação gradativa e monitorada dos pontos permitirá análise das possibilidades de redução dos investimentos.

A ação privada regulamentada, voltada para equacionar os grandes volumes de resíduos captados por coletores operantes com veículos, buscará a substituição das atuais áreas de deposição de RCD, causadoras de impactos, por um número menor de áreas perenes, destinadas ao transbordo, triagem do conjunto dos resíduos e à eventual reciclagem dos resíduos de construção. O destino final dos resíduos será alterado, potencializando a reutilização e a reciclagem, agregando-se as áreas de transbordo, a triagem ofertadas pelo município, a figura do aterro de resíduos de construção civil, a área destinada à valorização de espaços urbanos ou valorização de resíduos da construção, reservados para aproveitamento futuro.

As áreas para manejo dos grandes volumes poderão ser operadas por agentes privados regulamentados, com os quais se buscará constituir uma solução de gestão simplificada, compartilhada, sob a ação regulamentada pelo

poder público. Para que sejam criadas condições mais favoráveis à transição dos agentes privados para o novo sistema, a Prefeitura deverá introduzir ações para incentivar, tais como:

- a) fornecer apoio técnico e tecnológico para a destinação de resíduos mais problemáticos como madeira, pneus e outros;
- b) criar a obrigatoriedade de consumo de agregados reciclados de determinados tipos de obras públicas;
- c) fornecer apoio na obtenção de financiamentos de baixo custo para a implantação de equipamentos nas áreas destinadas a RCD;
- d) operar uma fiscalização rigorosa do sistema, de forma a progredir e eliminar deposição clandestinas, coibir a presença de coletores irregulares não compromissados com o sistema, e disciplinar a ação dos geradores e seu uso dos equipamentos de coleta.

6.3 Áreas de deposição para pequeno gerador de resíduo

Nessa categoria, encontram-se os agentes geradores de resíduos de pequenas reformas, construções que não excedam o volume de 1,0 m³/dia. Normalmente, depositam esses resíduos nos terrenos vazios de sua vizinhança, ou, quando contrata o pequeno transportador, o mesmo deposita o resíduo o mais próximo possível do local coletado.

A Prefeitura deve fazer um levantamento para identificar os locais de constantes recebimentos de pequenos volumes, definir algumas áreas favoráveis para a implantação de pontos de entrega. Para definir estes pontos, devem ser considerados como locais preferenciais as áreas em que atualmente ocorrem as deposições irregulares, de forma a disciplinar uma atividade que já ocorre espontaneamente.

O serviço público deve adotar as seguintes condições para implantar uma área de pequenos volumes (Figura 25):

- a) fechar uma área de, pelo menos, 200,00 m²;
- b) receber, gratuitamente, volumes até 2,0 m³/dia, por gerador de resíduos de construção (madeira, terra, telha, tijolos, concreto, etc.), podas, pneus, outros objetos (móveis, eletrodomésticos, etc.);
- c) não receber lixo doméstico, de estabelecimento de saúde e animais mortos;
- d) ter caçambas para a seleção dos resíduos;
- e) implantar o “disque coleta”; para cada local, ter coletores cadastrados;
- f) dar destino correto a cada resíduo, para ser reciclado ou destinado ao aterro sanitário.

Para incentivar os pequenos coletores comprometidos com a correta disposição em pontos de entregas, poderá contar com suporte para pequena manutenção de seus veículos e, no caso de trabalhos com animais, o apoio veterinário em parceria com a UFLA. Apoio às melhorias de equipamentos, vestimentas, higiene, cesta básica, etc.

A grande idéia deste programa é de alterar o grau de prestígio destes coletores na sociedade, ou seja, de degradadores de ambientes serem novos agentes de limpeza urbana.



FIGURA 25 - URPV - Unidade de recebimento de pequenos volumes
Fonte: Comissão de Meio Ambiente do Sinduscon-MG e Parceiros

6.4 Grande gerador de resíduo

É aquele que gera acima de 2,0 m³/dia de entulho em uma obra.

O órgão público deve implantar áreas de transbordo, triagem e eventual reciclagem. Caso necessário, procurar, na iniciativa privada, a parceria para a reciclagem dos RCD.

No caso de iniciativa privada, deve simplificar o rito de licenciamento, auxiliar o acesso para financiamento de equipamentos de processamento, dar

suporte para resíduos problemáticos, consumir o produto reciclado em obras públicas, coibir as deposições irregulares, dentre outras ações.

6.5 A importância da fiscalização

Uma vez criadas as condições para a correta gestão de resíduos, tanto por parte da administração pública, quanto pelos agentes privados envolvidos, é necessário implantar um programa de fiscalização rigoroso que, num primeiro momento, será de caráter instrutivo e, após ser instrumento da migração ordenada do atual sistema proposto e, num segundo momento, garantir o pleno funcionamento da gestão. Devem-se evitar ações que possam degradar o meio ambiente e de qualquer outro fato que possa impedir ações de agentes que tenham caráter predatório.

As ações principais para implantação são as seguintes:

- a) adequar as atividades da fiscalização ao novo sistema, considerando tanto a geração quanto o correto transporte e destinação, incluindo-se o papel que deverá ser exercido pelos agentes ambientais;
- b) fiscalizar a adequação de todos os agentes coletores, inclusive quanto à inserção no código de atividades e ao seu cadastro nos órgãos competentes;
- c) fiscalizar a ação dos geradores, inclusive quanto ao correto uso dos equipamentos de coleta, de forma que não repassem aos coletores responsabilidades que não lhe competem;
- d) fiscalizar o cumprimento dos planos de destinação de resíduos por agentes contratados pela administração pública e por obras de maior porte;

- e) coibir a preservação do uso e o surgimento de áreas não licenciadas de destinação, bem como as práticas predatórias por parte dos diversos agentes.

A reciclagem de resíduos de construção avança no país, assim como estudos relativos a ela. Da mesma forma, as perdas de materiais de construção continuam a ocorrer, embora cada vez mais passem a ser estudadas, com proposição de procedimentos para minimizá-las e controlá-las. Estes fatores podem configurar-se em quadro de uso racionalizado de recursos (de um lado, a redução da geração de resíduos; de outro, a reciclagem de parte do resíduo gerado, com benefícios para o meio ambiente e para a economia do país).

Este trabalho é mais um passo no sentido da implantação da reciclagem de resíduos de construção no país. Entretanto, assim como outros trabalhos elaborados por outros pesquisadores, deve ter continuidade, com discussões de seus resultados e com a elaboração de outras pesquisas sobre a obtenção e o uso do agregado reciclado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: relatório Final. São Paulo: EP USP, 1998. 5 v.

ALMEIDA, A. L. **Gestão sustentável de resíduos de construção no município de Guarulhos**. 2005. 92 p. Monografia (Pós-Graduação “Lato-Sensu”) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10004 – Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

BRASIL. Lei nº. 9605, 13 fev. de 1998. Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Congresso Nacional, 1998. 16p.

BROSSINK, B. A.; BROUWERS, H. J. H.; VAN KESSEL, R. A. Financial Consequences of construction Waste. In: CIB W 89 BEIJING INTERNATIONAL CONFERENCE, 89., 1996, Beijing. **Proceedings...** Beijing, 1996. Disponível em: <www.bre.polyu.edu.hk/careis/tp/cibBeijing96/papers/120-129/122/p122.htm>. Acesso em: 28 jan. 2006.

BUSSOLANET. Disponível em: <www.bussolanet.com.br/cidades/geografia>. Acesso em: 05 nov. 2006.

CETESB **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares**: relatório Síntese. São Paulo: CETESB, 1999 62 p.

CINCOTTO, M. A. **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil**: tecnologia de edificações. São Paulo: Pini, 1988. p.71-74.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução Nº. 307 do Conama, de 5 de Julho de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 jul. 2002

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS – DETR. **Report on the market development group**. 1999.

ELETROBRÁS Procel. Disponível em: <www.eletronbras.gov.br/procel>. 1998. Acesso em: 28 abr. 2006.

EPA Characterization of building-related construction and demolition debris in the United States. EPA. Report n°. EPA530-R-98-010. 1998 100 p.

EUROPEAN UNION – EU. **Construction and demolition Waste management practices and their economic impacts.** Report to DGXI European Commission. 1999. 83 p.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995. 687 p.

FONTINHA, R. **Novo dicionário etimológico da língua portuguesa.** Porto: Editorial Domingos Barreira, 1990. 1998 p.

FRANGIPANE, E. F.; FERRARIO, M.; PASTORELLI, G. Municipal solid waste management in European Metropolitan Areas: an integrated approach. **International Directory of Solid Waste Management 1998/9.** Copenhagen: ISWA, 1999. p. 16-30.

JOHN, V. M. **Cimentos de Escória ativada com silicatos de sódio.** EPUSP, 1995. 200 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.

JOHN, V. M. **Durabilidade de materiais, componentes e sistemas.** 1987. 120 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JOHN, V. M. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 1999. v. 1, p. 44-55

JOHN, V. M. Pesquisa e Desenvolvimento de Mercados Para Resíduos In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 1996. p. 21-31.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. 102 p. Tese (Livre Docencia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo.

KASAI, Y. Barriers to the reuse of construction by-products and the use of recycled aggregate in concrete in Japan. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Ed.). **Use of recycled concrete aggregate**. Tomas Telford, 1998. p. 433-444

LAURITZEN, E. K. The global challenge of recycled concrete. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Ed.). **Use of recycled concrete aggregate**. Tomas Telford, 1998. p. 506-519.

MARCIANO, E.; KHIARA, Y. Looking green. **World Cement**, London, v. 28, n. 4, p.82-88, Apr. 1997.

MASUERO, A. B. **Estabilização das escórias de aciaria com vistas a sua utilização em materiais de construção civil**. 1997. (Proposta de Tese) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MORENO, H. Linha Ecológica de Cabos Pirelli. O foco ambientalista da construção civil. In: SEMINÁRIO MATERIAIS & DESIGN - INTERFACE NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 1998, São Carlos. **Anais...** São Carlos: FIESP/UFSCAR/SEBRAE, 1998. p 174-182

PENG, C. L.; GROSSKOPF, J. R.; KIBERT, C. J. Construction waste management and recycling strategies in the United States. CIB TG 16 SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 16., 1994, Tampa, Florida. **Proceedings...** Tampa, Florida, 1994. p. 689-696

PINTO, T. P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 1989. Datilografado.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PINTO, T. P. **Reciclagem de resíduos da construção urbana no Brasil**. Situação atual. In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: Workshop, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1997. p. 156-170.

POLILLO, A. **Dimensionamento de concreto armado**. 4. ed. São Paulo: Editora Nobel S.A. 1987. v. 1, 447p.

ROCHA LIMA, J. **Conceito de taxa de retorno**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1996. 68 p. (Boletim Técnico BT/PCC/158)

SILVA, P. J. **Políticas públicas e gestão ambiental: um estudo das práticas de administração pública de resíduos da construção civil na cidade de Belo Horizonte – MG**. 2005. 160 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TOLSTOY, N.; BJÖRKLUND, C.; CARLSON, P. O. Material flow in the construction and heavy engineering sector. In: CIB WORLD CONGRESS CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT, 1998, Gävle **Proceedings...** Rotterdam: CIB, 1998. v. 1, p. 857-864.

ANEXOS

ANEXO A

RESOLUÇÃO Nº. 307 DO CONAMA, DE 5 DE JULHO DE 2002.

Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº. 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº. 326, de 15 de dezembro de 1994, e considerando a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, conforme disposto na Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001;

Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil;

Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental;

Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;

Considerando que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos;

Considerando a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; e

Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve:

Art. 1º Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

Art. 2º Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III - Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

V - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI - Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII - Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII - Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo às operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;

IX - Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

X - Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos de água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução.

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

Art. 5º É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, o qual deverá incorporar:

I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e

II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Art. 6º Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil:

I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.

II - o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;

III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;

IV - a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;

V - o incentivo à re-inserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;

VI - a definição de critérios para o cadastramento de transportadores;

VII - as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;

VIII - as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Art. 7º O Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil será elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e pelo Distrito Federal, e deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

Art. 8º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos geradores não enquadrados no artigo anterior e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

§ 1º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverá ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

§ 2º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental competente.

Art. 9º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que sejam possíveis, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

Art. 10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, contemplando os Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil oriundos de geradores de pequenos volumes, e o prazo máximo de dezoito meses para sua implementação.

Art. 12. Fica estabelecido o prazo máximo de vinte e quatro meses para que os geradores, não enquadrados no art. 7º, incluam os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil nos projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes, conforme §§ 1º e 2º do art. 8º.

Art. 13. No prazo máximo de dezoito meses os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de "bota fora".

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor em 2 de janeiro de 2003.

JOSÉ CARLOS CARVALHO

Presidente do Conselho

ANEXO B

Usina de reciclagem de resíduos de construção civil

Escolha do local da usina de reciclagem

É desejável que as centrais de reciclagem sejam instaladas próximo aos centros urbanos, de preferência em seu interior, pelas vantagens que isto traz: proximidade dos centros geradores de resíduos; proximidade dos locais de uso dos agregados reciclados; diminuição dos custos com transporte.

Isto traz como benefícios a diminuição dos custos de produção dos reciclados e atração dos coletores de resíduos, incentivando a atuação correta deste agentes. Porém, a implantação em áreas urbanas pode trazer problemas (geração de ruídos e de material particulado) causando resistência por parte da população local. Em função disto podem ser necessárias adaptações nos equipamentos para minimização dos impactos ambientais.

Segundo situações presenciadas pelo autor desta Dissertação, pode-se adotar medidas para contenção ou minimização da emissão de pó e ruídos. Nas recicladoras públicas de Belo Horizonte/MG, Ribeirão Preto/SP e São José dos Campos/SP foram adotadas a seguintes medidas:

- Plantação de cerca viva no entorno da recicladora, para auxílio na contenção de pó e ruído e para melhoria da imagem da unidade, fator importante para a aceitação por parte da população;
- Cobrimento do piso da recicladora com agregado reciclado. O material, quando aplicado sobre o solo e compactado, contribui para

a redução da emissão de pó com o tráfego de veículos (caminhões e pá-carregadeira);

- Revestimento dos britador com manta anti-acústica e revestimento dos locais de impactos de materiais (tremonhas e calhas de captação de materiais) com mantas de borracha, para diminuir a emissão de ruídos;
- Instalação de aspersores nos locais de recebimento de resíduos e de armazenamento de agregado reciclado, para diminuição da emissão de pó;
- Instalação de aspersores no equipamento de reciclagem, nos locais de entrada e saída de materiais;
- Redução das alturas de descarga dos materiais, em todos os pontos de transferência.

Com estas medidas pode-se obter redução significativa do impacto ambiental da central de reciclagem, como foi verificado nos municípios citados acima. Em Belo Horizonte foi realizado programa de monitoramento da emissão de ruído e de pó na primeira central instalada, chegando a resultados satisfatórios que comprovaram a eficácia das medidas adotadas. Na implantação das centrais de reciclagem em Ribeirão Preto e São José dos Campos os relatórios de monitoramento de Belo Horizonte foram utilizados junto aos órgãos de regulamentação ambiental para eliminar-se a necessidade de Estudos de Impacto Ambiental e para a obtenção das licenças de funcionamento.

Modelo de usina de reciclagem de entulho - 10 t/h

EQUIPAMENTOS:

Uma tremonha de alimentação

“Em chapa de aço de ¼”, para direcionamento do material da rampa de acesso ao britador de impacto.

Um britador de impacto

Completo com produção contínua de 10 t/h em circuito aberto, alimentação de material de 150 mm, motor elétrico blindado trifásico, polias e correias em V, cárter de proteção do movimento, carcaça sobre chassis metálico, rotor horizontal apoiado em mancais com rolamentos auto-compensadores, barras de impacto, placas de impacto e peças de desgaste em liga resistente à abrasão, revestimento interno substituível, sistema de acesso para troca de elementos e manutenção interna, regulagem de granulometria por molas e sistema de segurança.

Uma calha metálica

Em chapa de aço, enrijecida por cantoneiras, completa com sistema de acesso para limpeza/manutenção e vedação anti-pó.

Um transportador de correia móvel

“Completo com giro radial de 180°, largura 16”, comprimento 10 m, capacidade de 30 m³/h, leira de 3,5 m, motor elétrico blindado trifásico, redutor de velocidade, polias e correias em V, correia de duas lonas e revestimento

resistente à abrasão, tambor de tração e retorno, roletes de carga e retorno com rolamentos blindados, selados por labirintos, dupla vedação anti-pó, assentados em cavaletes de carga em V e de retorno paralelos, esticador, limpador autoregulável, estrutura de apoio em V com roda giratória e rolamento na traseira, e tremonhas de carga com vedação em borracha.

Um quadro elétrico

De comando e proteção dos motores, completo com caixa metálica de alojamento estanque, proteção contra particulado, contadores, relés bi metálicos de sobrecarga e falta de fase, fusíveis, régua de bornes, sistema de aterramento e energização por concessionária, indicação por sinaleiros visuais, botoeiras de comando liga/desliga, comando à distância de emergência, sistema de intertravamento e enfição do quadro aos motores.

Um sistema anti-pó

Para controle ambiental em ponto de fuga de particulado, completo com capacidade de 40 l/min, pressão regulável, conjunto moto bomba com nebulizador spray, motor elétrico blindado trifásico, mangueiras flexíveis, microaspersores e gatilho de acionamento, operação mínima de 8 horas ininterruptas.

Um sistema anti-ruído

Para controle ambiental, completo com mantas de borracha anti-choque/ruído instaladas em tremonhas de carga, AV, britador de impacto, CS, peneira vibratória apoiada e bica de transferência..

Duas bicas de transferência

Em chapa de aço, completas com sistema de acesso para limpeza/manutenção.

Uma peneira vibratória apoiada

Completa com capacidade de 20 m³/h, área de peneiramento 2,0 m², motor elétrico blindado trifásico, polias e correias em V, 3 (três) decks para telas com malhas de aberturas 22,0, 9,52 e 4,8 mm, eixo excêntrico montado em mancais com rolamentos autocompensadores protegidos contra pó por labirinto e tampas, contra-peso de regulagem de amplitude, lubrificação à graxa, chassis com apoio em molas helicoidais e bicas de distribuição.

Uma plataforma metálica

Completa com guarda-corpo de segurança e escada de acesso, para inspeção e manutenção do conjunto peneira vibratória apoiada.

OPCIONAIS:

Um imã permanente

De limpeza manual, suspenso em olhais e cabos de aço, completo com carcaça de alta permeabilidade magnética protegida contra corrosão, face magnética em aço AISI 304, circuito magnético com imã permanente de Ferrite de Estrôncio anisotrópico de alta energia.

Uma estrutura metálica

Para sustentação do britador de impacto, desmontável, completa com

contraventamento, plataforma de inspeção e manutenção, guarda-corpo de segurança e escada de acesso.

Custo da usina de reciclagem

Data do orçamento, 11 de Agosto de 2006

Usina: R\$ 146.300,00 (cento e quarenta e seis mil e trezentos reais)

Opcional: R\$ 17.800,00 (dezesete mil e oitocentos reais)

Impostos: inclusos

Condições de pagamento:

30% na confirmação do pedido

60% na entrega ou disponibilização para entrega do equipamento

10% a 30 dias da entrega ou disponibilização para entrega do equipamento

Prazo de Entrega: 90 dias

Escopo de serviços inclusos:

Projeto civil para instalação dos equipamentos

Instalação eletromecânica no Estado de São Paulo

Treinamento operacional e de manutenção no Estado de São Paulo

Manual técnico de operação e manutenção

Garantia:

6 (seis) meses contra defeitos mecânicos de fabricação e instalação, exceto componentes elétricos.

Assistência técnica:

Permanente. Gratuita em caso de defeito mecânico de fabricação e montagem, durante o período da garantia.

Equipamentos cadastrados para “FINAME”

Unidades de reciclagem de entulho do modelo anterior

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte/MG

Pampulha – cap. 30 t/h

Estoril – cap. 20 t/h

Br 040 – cap. 50 t/h

Prefeitura Municipal de Macaé/RJ – cap. 8 t/h

Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto/SP – cap. 30 t/h

Prefeitura Municipal de Piracicaba/SP – cap. 20 t/h

Prefeitura Municipal de Londrina/PR – autarquia do meio ambiente – cap. 20 t/h

Prefeitura Municipal de São José dos Campos/SP – cap. 30 t/h

Prefeitura Municipal de Muriaé/MG – cap. 8 t/h

Prefeitura Municipal de São João de Meriti/RJ – cap. 30 t/h

Prefeitura Municipal de São Gonçalo/RJ – cap. 30 t/h

Prefeitura Municipal de Guarulhos/SP – cap. 15 t/h

Brasília – DF – ar São Sebastião – cap. 10 t/h

Prefeitura Municipal de Ribeirão Pires/SP – cap. 15 t/h

Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto/SP – cap. 30 t/h

Prefeitura Municipal de Campinas/SP – cap. 70 t/h

Prefeitura Municipal de São Carlos/SP – cap. 20 t/h

Prefeitura Municipal de Vinhedo/SP – cap. 15 t/h

OttoBaumgarten – Center Norte – cap. 30 t/

Qualix – 2 unidades de cap. 30 t/h cada

Engestrauss – cap. 70 t/h

Urbem tecnologia ambiental – cap. 50 t/h

Pga ambiental – cap. 20 t/h

Emlur – Prefeitura Municipal de João Pessoa – cap. 20 t/h

ANEXO C

TABELA 1C - Detalhes técnicos do Moinho ANVI 500.....	Página 123
---	---------------

FIGURA 1C	Modelo da argamaseira ANVI 500.....	Página 121
-----------	-------------------------------------	---------------

Outra opção de reciclagem - modelo de moinho e argamasseira:

- "ANVI500" é um moinho e misturador de argamassas, que são utilizadas na execução de alvenaria, revestimentos e enchimento de pisos. Proporciona uma economia de 30% da mão de obra, 50% do cimento, 40% da areia, 80% da cal e 97% das despesas da deposição do entulho.
- As matérias primas utilizadas são: CIMENTO, ENTULHO (blocos cerâmicos e de concreto quebrados, tijolos e restos de argamassa), AREIA e ÁGUA. A argamassa obtida é da melhor qualidade, estando pronta para ser utilizada.
- Pela ação violenta dos rolos de 600 kg cada um, a argamassa obtida tem muita plasticidade, maciez e liga.

Estas excelentes características estão dadas por:

- a) Produção de finos durante a moagem, os quais geram a liga entre os grãos de areia, e preenchendo os vazios, aumenta impermeabilidade;
- b) Mistura perfeitamente homogênea. O cimento reveste cada grão de areia por igual.

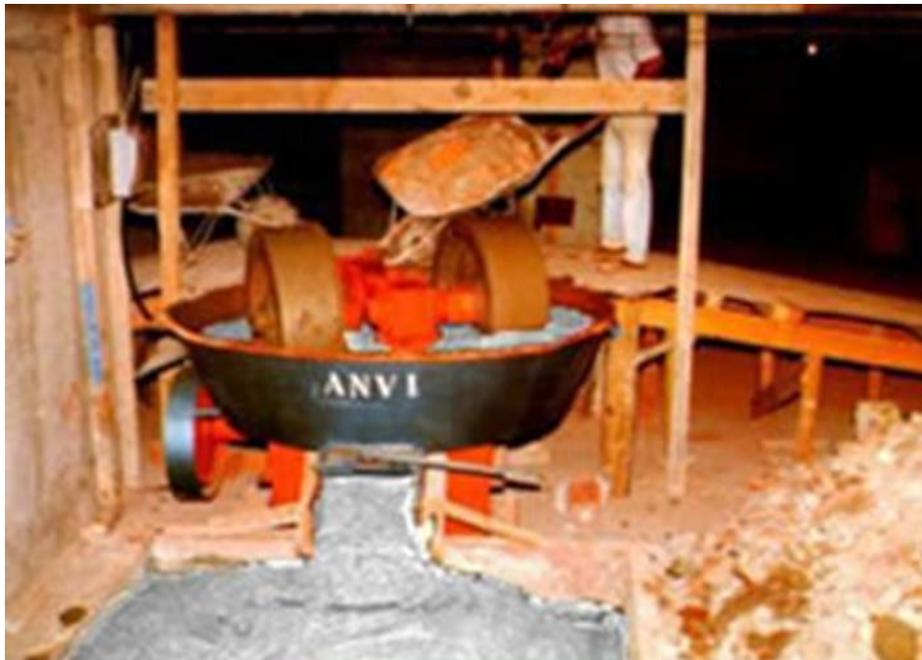


FIGURA 1C - Modelo da argamasseira ANVI 500
Fonte: Empresa ANVI - Comércio e Indústria Ltda.

Moendo entulho, obtêm-se:

- a) Areia, pó de cimento e pó de cal, que ainda têm parte da atividade aglomerante;
- b) Argila calcinada (blocos e tijolos cerâmicos com características 100% pozolânica) ou; areia e cimento (blocos de concreto). Por isso, trocando 30% da areia por entulho, a argamassa obtida é 30% mais resistente à compressão, conforme ensaios realizados por diversos laboratórios;

- c) Permite a produção de uma ótima massa fina, utilizando cal e areia sem peneirar, pois as pedrinhas desta são esmagadas pelos rolos moedores;
- d) Também, sem se utilizar entulho, com um traço de 1 de cimento, 2 de cal e 10 de areia, obtêm-se ótimas argamassas para assentamento e revestimento. Com apenas 3 homens, a ANVI500, têm a mesma produção de 3 betoneiras. A economia é de 6 homens;
- e) Na fabricação de blocos de concreto, o material quebrado e desagregado pela ANVI500, utilizando um dispositivo especial. Recupera-se a areia e o pedrisco originais, faltando somente agregar cimento e água para moldar novos blocos. A economia de cimento é no mínimo 10% conforme testes práticos realizados.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dentro de uma caçamba de piso horizontal, dois rolos moedor-misturadores, giram em torno de um eixo central vertical, puxados por manivelas de eixo duplos que lhes permitem elevar-se por cima do entulho, moendo-o. Obtêm-se assim um material excelente, transformando em argamassa.

Duas pás raspadeiras de altura regulável empurram os materiais para baixo dos rolos moedores.

A descarga da argamassa pronta para usar, dá-se por uma comporta no piso da caçamba, com o moinho em funcionamento.

O equipamento é fornecido com o motor elétrico instalado, com polias, correias e protetor das mesmas.

TABELA 1C - Detalhes técnicos do Moinho ANVI 500

Moinho ANVI 500	
Capacidade da caçamba	500 litros de argamassa 2 m ³ /hora
Produção	2 m ³ /hora
Dimensões	Comprimento: 2,75 m Largura: 1,90 m Altura total: 1,50 m
Peso líquido aproximado	2.500 kg
Rolos moedor-misturadores	Ø 80 cm x 25 cm (larg.) x 600 kg cada um
Motor elétrico blindado	7,5 HP - 220/380 volts - Trifásico
Moinho ANVI 500 - Semi-novo	R\$ 12.800,00 (Agosto/2006)
Moinho ANVI 500 - Novo	R\$ 22.000,00 (Agosto/2006)

Fonte: Empresa ANVI – Comércio e Indústria Ltda